仕様書

タービン･インペラー：ペルトン水車、直径 132mm
インペラー材質：　成型エポキシ合成樹脂
流量コントロール：　ノズル交換
最大ノズル：　18.1mm×2 個
最小ノズル：　1.6mm×1 個
最大落差：　150m
最小可能落差：　7m
最大流量：　7 リットル/秒
最小流量：　0.2 リットル/秒
発電機形式：　容量性励磁式４極３相誘導発電機
冷却法：　(TEFC)シャフト搭載ファン
発電機電圧：　AC350V 以下
最大出力　：　300W
回転スピード制御*　：調整コンデンサー
チャージャー及びコントロール･ボックス形式：
高周波数切替モード比率可変型
調節出力電圧幅：(プラズマトロニックの説明を参照)
入･出力絶縁：　2,500V 以上
電圧調節：　分岐調節式
レギュレーター負荷：空冷電熱器

***　この特徴的な機能のため、他のマイクロ水力発電によく使われている、サイトに合わせて巻き線する発電機は必要なくなりました。**

最小の流量から最大の電力

バッテリーを利用した水力発電システムの主な利点は、水力をその時に使っている電気の負荷に合わせる必要がないということです。バッテリーが電気を貯蔵して負荷の急上昇を吸収する働きをするので、発電出力は負荷設備のピーク電力消費量より極めて低くて済みます。即ち、ペルトン水車は絶えることのない水流をフルに使って、負荷がない時にバッテリーを充電します。水力に負荷を直結した場合は、ピーク負荷に対応するために極めて大きな装置が必要になり、従ってもっと大量の水が必要になるのです。

バッテリー利用システム

バッテリーに蓄えておいた電気で、電動工具、洗濯機、電気掃除機、アイロンといった短時間に大容量の電気を消費する器具を動かすことができます。バッテリーに充電しないなら、タービンの容量は 10 倍になるでしょう。バッテリー充電のない従来型の 240V マイクロ水力発電システムと比較して、当社の装置が少しの水しか使わないのは、この理由からなのです。

マルチ電源方式

バッテリーを中心に置いたシステムのもう一つの利点は、１つのネットワークの中に他の充電システムを組込むことが可能になることです。太陽電池パネル、コ･ジェネ･セット、風力発電装置、あるいは他の電源を、同じバッテリーのバンクに接続するだけで、天候に関係なくシステムを強化できます。

他の電源の調節

水力発電機セットに組込まれているレギュレーター(自動電圧調節器)は、水力からの電力をコントロールするだけで、他の電源からの余剰電力を処理することはできませんので注意して下さい。他からの電力の調節は、一般用のダイオード式分岐調節器あるいは太陽電池パネル用の切替式調節器を独立して使うことによって対処する必要があります。

維持管理

摩耗する部品は、簡単に交換できるノズルと羽根車、そして極めて軽い力の掛かる２つの標準玉軸受だけです。発電機には摩耗するブラシがないので、何年間もオーバーホールなしで稼働します。間欠的に使用する場合には、維持管理はもっと少なくて済みます。

ハードウェア

溶接構造のアルミ・シャシーに収納されたペルトン水車ユニットは、運転音が非常に静かで、構造的に正確に造られているので振動が感じられません。押出し成型された長方形のアルミニウム製スプレー・チャンバー・シャシーの中を、水が流れて行くのが実際に見えます。この構造によってノズルに水を分配するための複雑な配管が不要になり、コストが削減されています。同様に、頑丈さが増し、騒音が減り、空気を溜めてウォーター・ハンマーを抑え、最終的には砂トラップの働きもします。水車自体は破損しやすいけれど、摩耗には強いのです。樹脂製のペルトン水車は軽いので、ベアリングに掛る負荷やアンバランスを減少できて実際に有利です。このように連続的に稼働する機械の場合、ハズミ車効果がなくても問題はありません。

発電機

発電機は三相 15Vの誘導電動機ですが、発電機としても更によく働きます。当社では 10 年間、多くの種類の発電機で実験を重ねてきた結果、この発電機が、万能さ、安定性、効率、コスト、有用性、耐久性などの面で最良であると判断しました。

コントロール･ボックス

コントロール・ボックスには、色々な機能があります。発電機の励磁、電圧の 12V 又は 24V への減圧、バッテリーが要求しない余剰電力の廃棄、更に電流計、電圧計、ヒューズ、表示ランプ、出力線などを収納した制御盤の働きもしています。余剰の電力は、空冷フィンの付いたアルミ製の電熱温水ヒーター式ロード・ダンプへとバイパスされます。多くの人には、不合理なエネルギーや水圧のロスのように見えるでしょうが、当社が採用したこの方法は費用効果が高く信頼性に富みます。恐らく、最良で究極の電圧コントロール法だと考えられます。

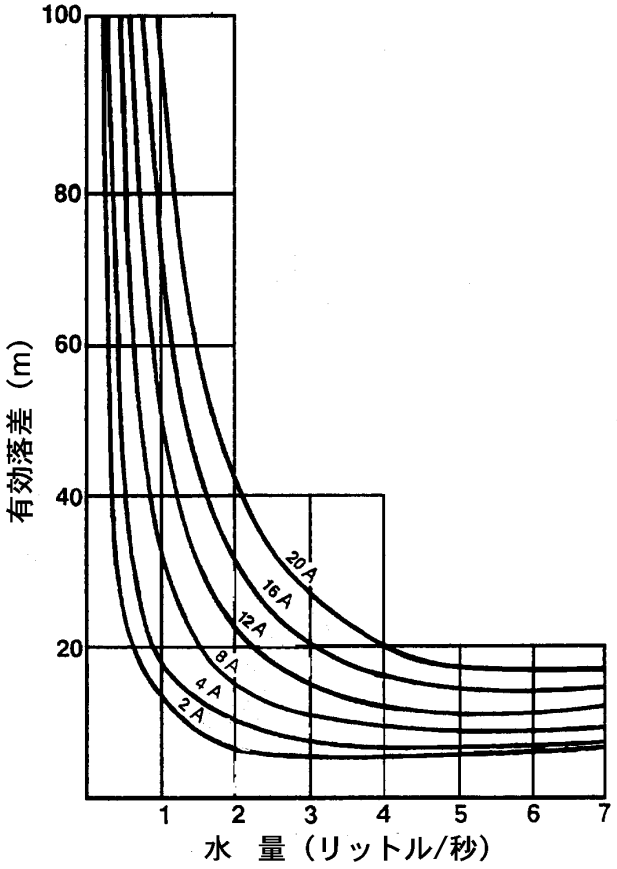
給水量に依存する性能

どんな水力発電システムでも、その性能は水の供給量以上にはなりえないことは勿論です。その前提でお読み下さい！

給水装置

水力発電が、費用効果の高い有効落差や、砂やゴミがなく安定性と信頼性に富む水を確保するには、給水方法に関して特定の条件を満たす必要があります。一般的な給水装置には、取水口、導水路、取水池、ペンストック(水圧配管)、排水路などが含まれますが、取水口と取水池が一体でそれらを分離する導水路のない施設も多く見られます。

取水口は、水力発電機へ水を供給するために、川の水の流れる方向を変える構造物です。十分な水がパイプラインを満水にして通過し、空気がパイプラインに吸い込まれないように設計しなければなりません。浮遊するゴミや石を除去するのに、ゴミ除け柵がよく使われます。これには通常、取水口の水路を横断して設置される垂直のスチール製バーが使われます。沈底物の取り込みを最小にするよう、取水口は出来るだけ流れの方角に垂直に近く設置し、自然の堆積物が溜まりそうな場所は絶対に避けるべきです。



取水路の底は、川底より高くして重い沈底物が取水口に直接流れ込むのを阻止するようにします。正常水位と洪水水位についても考慮しなければなりません。

導水路は、取水口から取水池まで水を運ぶパイプラインあるいは運河です。

取水池は、水がペンストックに入る直前に最後にゴミ除け柵を設置する場所です。ペンストック入口で渦を形成しないように、取水池の深さは十分に取らなければなりません。表面積が大きくて目の十分に細かいフィルターを設置し、水力発電機のノズルを通したくない大き過ぎる異物を取り込まないようにします。ゴミ除け柵が優れていれば、石や浮遊ゴミでフィルターが詰まるのが防止できます。

ペンストックは、取水池からタービンへ水を送るためのパイプです。パイプラインは、マイクロ水力発電プラントの性能にとって非常に重要です。ペンストックの口径と水圧に耐える強度を慎重に選択して、水力発電の性能を最適化し、運転中のトラブルを防止しなければなりません。

排水路はタービンの後にあって、通常は水をそこから導水路の下流の河川に返します。

第３章　据付け

1. タービンの適切な設置場所を選びます。パイプと送電ケーブルが最も費用効果の高い組合せになるように、最大の圧力と最適な流量が送れる位置を選定するべきです。
2. サイトが、洪水の被害を受けないことを確認しなければなりません。
3. 水と電気配線の両方のアクセスが容易な場所に設置します。
4. その場所から雑草と障害を取り除きます。
5. 騒音を抑え環境を極力保護できるよう、水力発電機を小屋又は囲いに収容し、床または堅牢な構造物にボルトで固定することを考えます。
6. 末端の排水路が溢れたり、辺りを侵食したりしないようにしましょう。
7. パイプ、コネクター、ゲートバルブなどを取り付けます。

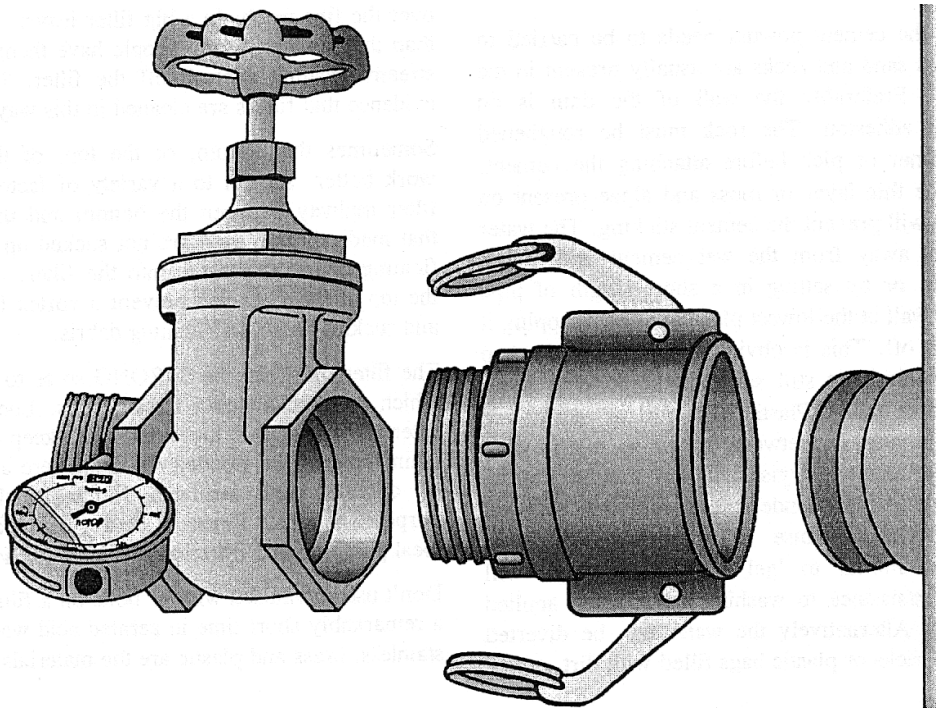
警告：ペンストックの設計が悪いと圧力の急上昇を起こし、タービンやパイプを損傷することがある。

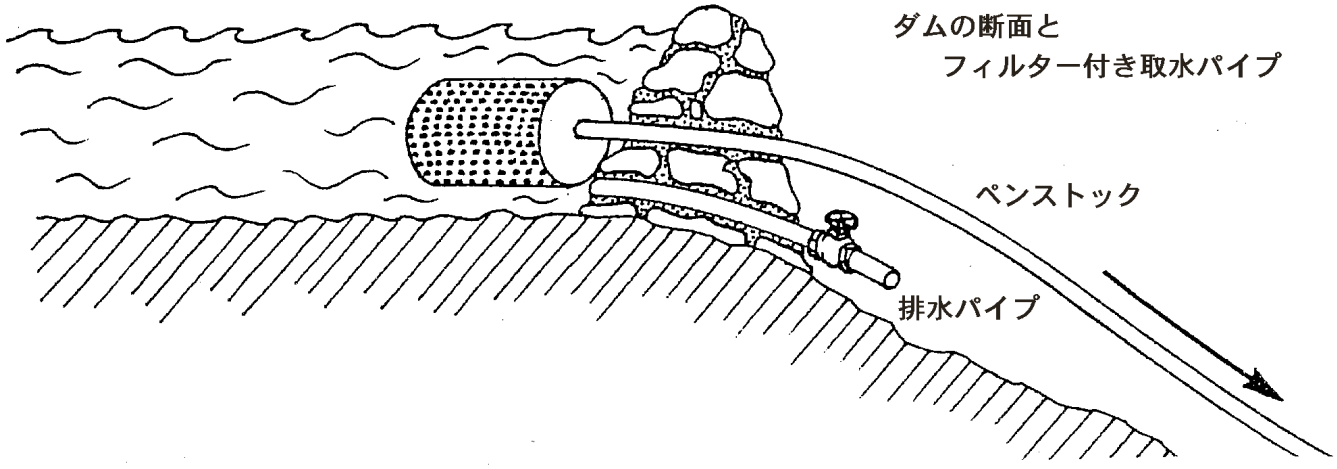
ペンストックを正しく設置するための完璧に詳細な説明が、第４章に述べられています。パイプを購入又は設置する前に、その情報を必ず勉強して下さい。パイプ･サイズの選定とエアロックの回避法については、特に注意を払いましょう。

8. 取水フィルターを設置します。

警告：取水口フィルターの使い方が悪いと、タービンやパイプを損傷する畏れがある。

9. 付属品のゲートバルブ、圧力計、カムロックをこの頁の図に示した組み合わせの通りに取付けます。
10. このセットを、サイズの合ったブッシュ又はアダプター(付属品ではない)を使って、ペンストックの末端に取付けます。レインボー式マイクロ水力発電機には、２インチの BSP 継手が付いています。
11. ペンストックを満水にし、空気が全部排出されたことを確認します。第４章の手順に従って下さい。
12. ペルトン水車のケーシングにカムロックを取付けます。
13. コントロール・ボックスは、バッテリーケーブルの損失を最小にするようバッテリーの近くに設置します。これは 12V 及び 24V のシステムにおいては特に重要です。ケーブルサイズ決定のデータについては添付資料-F を参照して下さい。
14. バッテリー、コントロール･ボックス、特にロード･ダンプ抵抗器には十分な換気を確保して下さい。全ての電気部品は、バッテリーから発散する腐食性ガスに触れないよう、離して設置します。その他の追加情報は、電気設備技術基準を参照願います。
15. バッテリーが購入した発電機(12 又は 24 ボルト)に適合していることを確認します。
16. コントロール･ボックスとバッテリーを、適当なケーブルで接続します(第５章を参照)。
17. 送電ケーブルを発電機に接続し、付属のプラグを使って末端をコントロール・ボックスに取付けます。この作業は資格を持つ電気技術者によって行われなければなりません。第５章に記述されている詳しい説明及びアドバイスに注意深く従います。
18. 第６章に記述される機械の運転及び調整の手順通りに進めて下さい。





第一に必要なのは、十分な水と十分な落差を確保することです。水の供給への信頼性も一つの要素であって、一年の内の乾燥季に水が得られないならば、確かなバックアップシステムとして太陽電池、風力発電、ディーゼル発電などが必要になります。

水　源

水源に小さなダムがあれば理想的でしょう。
ダムはいくつか有用な目標を満たしてくれます。

1. 空気を吸うことなく、一気にパイプを満たすように十分な水が蓄えられる。
2. パイプ中の空気や沈泥を洗い流すのに十分な水を蓄えられる。
3. 洪水の時、パイプの安全が保たれやすい。
4. パイプに吸い込まれる前に、砂の沈降や気泡の浮上のための時間が稼げる。
5. もし上の図に従って取り付けられるなら、自然に呼び水が得られてサイフォンが必要ない。

川底に通常は砂や石があるので、水源へはセメントだけ運べば済む場合が多いでしょう。接着性がいいので、なるべくなら岩盤の上にダムの壁を設置します。セメントを付着させる前に、ハンマーあるいはピックで岩の表面を荒くします。そうしないと、川底の岩に付いた苔や藻の薄い膜がセメントの接着を妨げるでしょう。湿ったセメントが水に浸からないようにするには、大きなサイフォン管を使うか、壁の最下部に短いパイプを設置して後で栓をするか回して抜き取ります。これは明らかに、小川が浅い場合にはより簡単ですが、驚いたことに水が多い時にも可能なのです。ビニール袋にモルタルを詰めたものが有効で、流れの速い部分の岩と岩との間にそれを突っ込みます。1：1 の混合比で作った生乾きのモルタルは水底に定着し、絶えず湿っているので割れません。30 分間は『ゲル状を保つ』というモルタルの特質から、水面下に使われた場合でも水に洗い流されることへの抵抗力が強いのです。モルタルの代わりに、土を詰めた麻袋又はビニール袋で塞き止めることもできます。

フィルター

パイプの入口には、必ずフィルターが必要です。ミニ水力システムにおける発電トラブルの最も一般的な原因は、取水口の詰まりです！パイプを流れ落ちて行く砂利は詰まったりノズルを損傷したりします。パイプラインから腐った鰻を取りだすのは難しいし非常に不快です！小動物が、フィルターのないパイプの端に吸い込まれて溺死することもあります。子供の手もパイプに吸い込まれかねません。フィルターの目が細か過ぎると、すぐに詰まってしまいます。表面積が小さ過ぎても、詰まりが問題になります。フィルターの穴の全面積は、パイプの口径のおよそ 10 倍は必要です。目の粗いスクリーンをより細かいスクリーンの前に置くのはいいアイデアで、最初のスクリーンに木の葉が捕捉され、細かいメッシュには張り付かなくなります。面積の大きいフィルターなら、木の葉は集積するより速く腐食するでしょう。多くの人々が、水流がフィルターからごみを洗い流すという理論を唱えますが、そのように清掃されることには殆ど根拠がありません。場合によって、底部や頂部は巧く行くでしょうが、一概には言えません。フィルターを水底と水面の中間に置くと、泥や沈泥や砂が吸い上げられないし、多くの浮遊ゴミが吸い付きにくくなります。上端にカバーを付けると、渦巻きの発生や、空気や浮遊ゴミの吸引を防止することができます。

フィルターはまた、洪水時に岩が川底を転がってくるのに絶えられるよう強固でなければなりません。流れの片側に寄せて配置すれば、洪水時の主流を避けられるでしょう。目的に合うよう多種類のフィルターが売られています。当社あるいは地元のポンプ及びフィルターの専門家に連絡して指導を得て下さい。フィルターには、亜鉛メッキされたワイヤーやボルトは使えません。曝気された酸性の水中では、すぐに腐食してしまいます。材料には、銅あるいは真鋳、プラスチックを使うべきです。

フィルターの設計

適切なフィルターの設計には、次の点に考慮を払う必要があります。

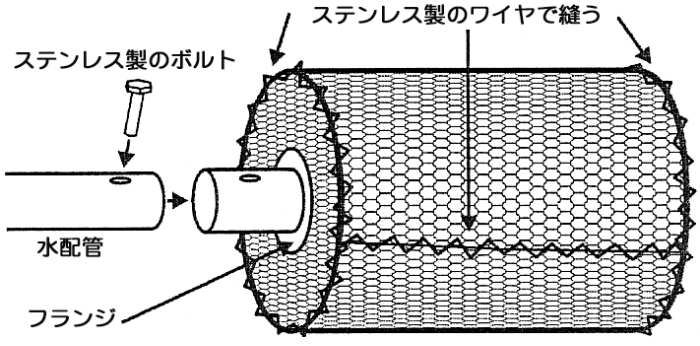
＊ 取水池の大きさと深さ。

＊ 水中の土砂の、サイズ、量、形状、特に、洪水や水量の極端に多い時のもの。土砂の性状は、浮くものが多いか、沈むものが多いか、半々ぐらいか。

＊ サクション・ヘッド(吸引力)は発電機までの静止落差によって決まります。フィルターの設計が不適切だと、ヘッドと流量の両方によって巨大な吸引力だ発生し、フィルターの破損につながります。サクションを大きくなったのは、発電機に最大サイズのノズルを付けたからだけではありません。配管の中を流れる水の最大量のことも考える必要があります。エアーポケットや土砂を排出するためや配管を空っぽにする必要もあり得るし、事故で配管が破損することもあり得るのですから。配管内を流れる水の量が川の流量を遥かにオーバーすることもあり得ますし、そんな状態が続くと取水池の水が干上がってしまいます。直管の最大流量は、最大落差、配管の長さと口径が分かれば計算できます。

フィルターは、設置する環境の腐食性が強いこともあるので、腐食しない材質で作る必要があります。更に、プラスチックは、種類によって長期間紫外線を浴びると劣化してボロボロになることにも注意しましょう。真鍮、ステンレススチール、ポリエチレンなどは適切な材料です。

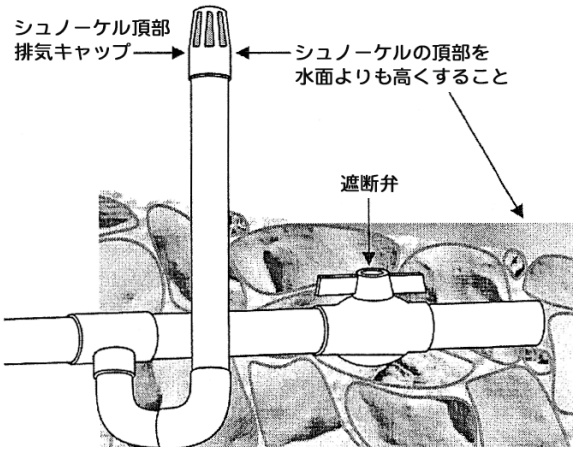
エキスパンドメタルを使うと非常に丈夫なフィルターが作れます。強く亜鉛メッキされたエキスパンドメタルは清水中で何年も保つので、円筒状に曲げてステンレスのワイアーで縫い合わせ、両端にもエキスパンドメタルの円盤を縫い合わせると、いいフィルターになります。縫い合わせる前に、パイプが十分に通る穴をあけ、パイプ用のフランジをボルト付けしておきます。フランジに取り付けた単管とパイプとのピッタリ合う位置に穴をあけ、長めのステンレス製ボルトを通してパイプの端にフィルターを固定します。駅スパン dp メタルの穴が大きすぎる場合は、遮光クロスの袋をかぶせて絞め紐でパイプに縛り付けます。フィルターの一番大きい穴が、発電機に取り付けた一番小さいノズルの口径よりも小さくなければなりません。このタイプのフィルターの最小のサイズは、１０リットル缶と同じ位の大きさと考えて下さい。



フィルターの障害

発電機の性能が十分に出ない場合、一時的にフィルターを取り外してみると、フィルターがタービンへの水の流れを阻害しているかどうかがすぐに分かります。違いが出るとすれば、フィルターの編み目の総面積が足りないのです。フィルターなしで、発電機を長い時間運転しようとしないで下さい。大きめの異物がノズルに詰まったままになると、ウォーターハンマーを起こす怖れがあります。ウォーターハンマーに付いて詳しくは、９頁を参照下さい。

川に落ち葉のような異物が多く浮いている場合、少し大きめのフィルタを付ければ深刻な閉塞が少なくなります。配管中の流水量によりますが、フィルターは取水池の水面から十分に深い位置にないと、渦巻き現象が起こり、配管中に土砂や空気を吸い込む怖れが生じます。配管中にエアーポケットができると、ノズルの異物詰まりよりもひどいウォーターハンマーが起こります。エアーポケットは配管経路中の盛り上がった部分におこります。空気が入るほど水圧が減少します。

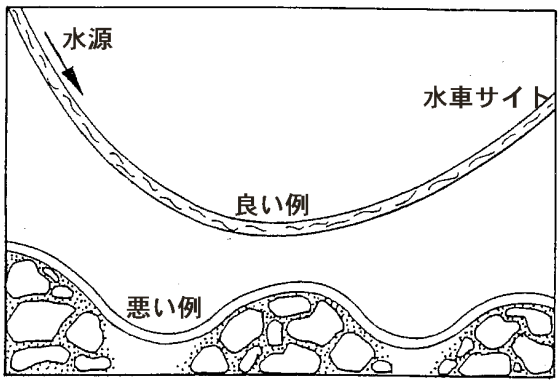


フィルターの破損

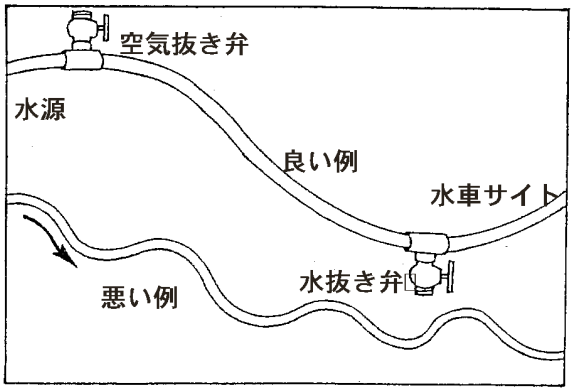
フィルターに近い位置にシュノーケルを設置すると、ハイ・サクション（強すぎる吸引力）フィルターやパイプの破損を抑制することができます。T 継ぎ手とバルブをパイプラインに沿って等間隔に設置して異物や空気を排出することもできます。堤防などの壁を貫通して配管する場合には、その短い部分だけ、少し太めのパイプを使うことをお勧めします。将来、太めの配管に変更することもあり得ますから。

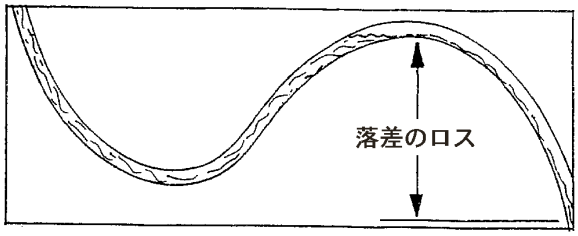
パイプの設置場所と配置

もし実際に可能ならば、水源の直後の険しい勾配を一気に下るようパイプを敷設しよう。十分な圧力が得られてその後に多少の背コブやクボミがあっても克服できます。最初にこのような勾配がとれないと、気泡の拡大、ポリパイプの破裂、更に各部品への空気の吸い込みが起こります。パイプは単調に(即ち、凹凸なしに)敷 いて行くのが一般に好ましい敷設です。もし少しでも空気が入っていると、低い部分は満水状態で低い力所にあるので、背コブが自然に成長しやすくなります。特に、パイプが柔らかい地面の上にあったり、次の図のように２地点間に垂れ下がっている場合にはなおさらです。



上の図は、パイプをどのように敷設すれば空気が末端から出ていくかを例示しています。落差をロスするエアポケットが永久に存在するパイプラインや、絶えず水の滞留する部分のあるパイプよりも、少し余分に長めのパイプを使う方が良いのです。





上の図は、一般的な問題を例示しています。水がどんなに流れていても、空気を押し出したり気泡を洗い出すほど強くなければ落差のロスはタービン出力を直接に差し引いてしまいます。勾配が不十分なために強い流量が得られず、エアロックが部品のように居座っているパイプもあります！

これらの予防措置を全てとっても、パイプが機能しないことがあります。緩い傾斜(1/10)で大口径の場合が最も難しいです。左下図のように避けられない背コブがある場合、奥の手としてゲートバルブの付いた管材やＴ継手を取付ける方法があります。水源から水が巧く流れ落ちた場合でさえ、パイプの中を全然巧く流れないことがあります。沈泥や砂利などがきれいに流し出せても、パイプはたいていエアポケットで塞がれています。そんな時、自動的に空気を追い出す特別な部品を使えばいいのです。

サイフォン

多くの人々が、下図のようにサイフォンを使って巧くパイプの取水口を機能させています。

このようなシステムは、必ずしも自動的には立ち上がりません。小川を越える取水、乱流による気泡の取水口への流入、また日当りのいい場所のパイプ中の水からの溶存空気の気泡化、などの理由でパイプに空気が入っていたら水は流れず、再起動には複雑な処置が必要になります。そんな時の使法を次に示します。

1. パイプの末端を吸引する。
2. パイプの末端を吹く。
3. ポンプ又は他のパイプで、下から水を送り込む。
4. パイプをくねらす。
5. ダムから、バケツなどでパイプを満水にする。
6. 取水口や最初のパイプが水面より低くなるように、もう一つ小さいダムを築く。
7. 単にそのまま放置し、気温が上ってパイプ中の空気が消費され減少してサイフォンが働くのを待つ。

洪　水

氾濫後の平地にタービンを設置してはダメです！可能な限りの落差を得るにはそうしたいでしょう。しかし、それは偽りの経済性なのです。もしタービン全体が冠水してしまった場合、最も敏感な部品はベアリングです。発電機の巻き線は水没には極めて強くなっていますが(当社ではニスによる超真空浸漬処理を施している)、玉軸受は急速に腐食しやすいし、シリコン･スチールは薄片化しやすいので、なるべく早く発電機を完全に乾燥させましょう。ちょっとしたさびでも空気ギャップを閉塞するし、分解は重いハンマー作業になります！腐食した発電機の修理は、高価で困難な問題なのです！

雑　草

草が発電機のファンに詰まって回転を妨げたり、冷却空気を妨害することがあります。歓迎されざる住人による占居です。黒アリやワラジムシ、ゴキブリなどが、小さなひび割れから入り込み、それらは全て電導性なので、残骸が腐食を促進します。

こうした問題は、装置を小さな小屋に収容すれば避けられます。そうすれば、ペルトン水車の天敵–雌牛–たちも近寄れません！ 彼らは、パイプやケーブルによくつまずくし、放牧地に異物があれば角で突っつきます。

ゲートバルブ

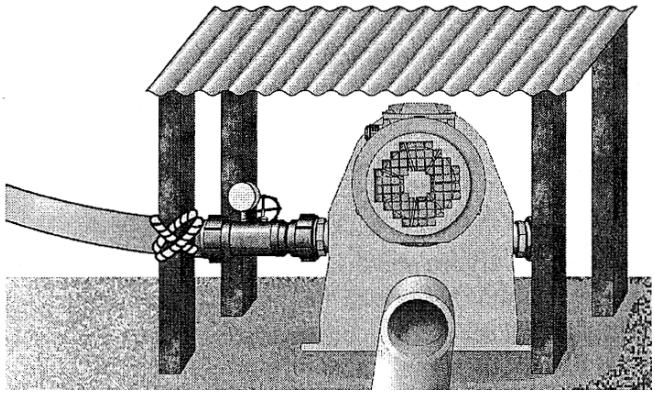
細かいことを言いますが、ウォーター・ハンマーを起こさせないように、ゲートバルブはゆっくり操作して下さい。閉め方が不完全だと実際に損傷することがあります。ゲートバルブの底部がキャビテーションを起こして真鋳を腐食し尽くし、水が漏れっぱなしになることもあります。こんな事故は大惨事ではないけれど、ノズルをねじ込もうとしている時に水が噴出すれば困ります。くれぐれも注意願いたいのは、キャビテーションの原因になるので発電出力をゲートバルブの開閉度で調節してはなりません。出力調節のためのノズルの選定法については、12 頁を参照して下さい。

ウォーター･ハンマー

エアポケットがノズルを通過して行く時、一時的に水流に対する抵抗がなくなり、パイプライン中の大量の水が加速します。200kg の水が 20kph で流れることも珍しくありません。これがノズルの絞りに激突すると、ノズルに対して急激な圧力上昇が起こります。これが、ウォーター・ハンマーです。水の静止落差の最高十倍の力となり、パイプの継ぎ目を破裂させ、部品を破損し、ノズル・キャップを吹き飛ばしたり、ケーシングを破裂させることがあるのです。

最良の対策は、バルブをゆっくりと操作し、20 秒掛けて水を流し始めることです。パイプの固定も同様に大事な要素です。パイプが波打ちを起こすと大きな破壊力となるので、パイプラインの末端は下図のような方法でしっかりと固定して下さい。

木が、パイプを伝わって下りて来た力の殆どを吸収し、発電機入口のマニフォールドに掛るストレスを緩和してくれるのです。



排水配管

タービンが砂地や岩あるいはコンクリートの上に据付けられているなら、スプレー・チャンバーから出た水は垂れ流しでも結構です。しかし多くの場合、排水は厄介で侵食を起こしやすいので、出口に排水パイプや排水溝などを設置する必要があります。垂れ流しによって、地滑りや道路の損壊及び騒音なども発生しかねません。

排水管の口径が小さ過ぎると(100 mm 以下)、スプレー・チャンバーから素早く水が排出されない畏れがあります。そうすると、チャンバーが水浸しになり、発電機が冠水する心配があります。排水管は十分な下降勾配をとって据付けることが重要です。更に、雑草などに邪魔されないよう定期的にチェックする必要があります。

タービンをタンクの上に据付けて排水を貯留しているプラントもあります。タンクが満水になるとフロート･スイッチで電磁ソレノイド･バルブを閉じ、水を別の方向に逸らします。下流に水を必要とする住宅や潅漑システムがあるなら、水の節約になるし、乾燥季にも幾らかの電力が得られるので価値がある方法です。但し、タンクの排水口が十分に高い位置にあって、給水に有効な落差が取れることが前提になります。タービンが連続稼働すると、タンクへの流入水量は 1 日 450,000 リットルにもなります。

第５章　電気配線

交流電流（AC）の送電

警告：発電機の作る電気は高圧で、感電死する畏れがある。送電線に関する工事は、必ず資格を持った電気技術者の監督のもとで行わなくてはならない。

発電機の電力は、最小のロスで１km 以上も送電できます。高圧送電はエネルギーのロスが極めて少なくて効率面で有利です。コントロール・ボックスは目に止まりやすい屋内やバッテリー室に置くのが普通です。

サイトの検討

ペルトン水車は通常、配管に最も好都合な場所に設置され、送電については二義的に考えられます。電気を坂の上へ送っても、全くエネルギーのロスはないのですから！

600VAC 基準に絶縁された３相の電線と 1mm のアース線が必要です。当社では、設置の容易さと最大の保護性から、シーズ絶縁ケーブルの使用を推奨しています。地中配線が望ましいのですが、適切に行えば空中配線でも差し支えありません。

注記：配線は、全て電気設備技術基準に準拠して行わなければならない。

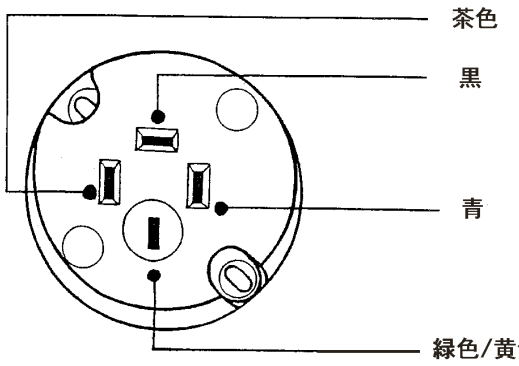
落雷の被害

空中配線は地下配線よりも落雷の被害を受けやすいのですが、送電線は全て無防備です。命中はまれでも、近くに落ちると有害な電圧を誘発することがあります。コントロール･ボックスは合理的に保護されていますが、正しいアース法に従って下さい。

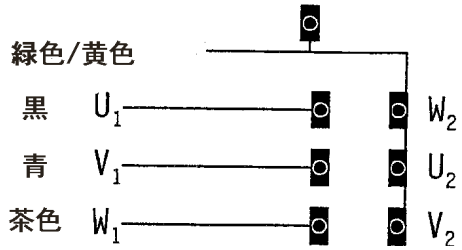
落雷に誘発される電圧の急上昇に対する感度を減らしたり、電波障害を抑制するには、アースされた中立配線システムの使用が重要です。アースの接点（コントロール･ボックスの背面にある）を接地することが大事です。発電機をそのようにはアースしないで下さい！適切にアースすることで、ユーザーの安全性が確保され、落雷による電圧急上昇に対する保護機能が適切に働くでしょう。

水力発電機とコントロール･ボックスの接続

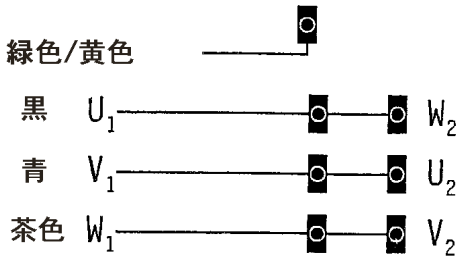
コントロール･ボックスへの接続は、４ピンプラグとソケットで行います。プラグは、図に示されるように、600Ｖ用のフレキシブル･シーズ･リード線に取付けます。



示されている色は、IEC 規格ケーブルのものです。発電機への接続は、発電機ケーシングのモールディングの一部にあるインテグラル･コンジット･ボックスの中で行います。次に示す配線図は、工場で配線された「スター」結線のものです。落差が 50 メートル以下のサイトには最も適した結線です。



有効落差が 50m より大きいサイトの場合、下の図に示す「デルタ」結線を推奨します。50m 以上の落差においては、その方が性能がよくなります。



ショートの保護

発電機からの DC 電流或いは AC 電流がショートすると、発電機はただ非励磁になり、短絡回路に小さな電流だけが流れます。ショートを除去すると電圧はすぐ回復し、損害の可能性は少ないでしょう。従って、発電機からの配線には遮断スイッチは不要です。もしもコントロール･ボックスからプラグが抜けてしまった場合、発電機はおよそ 0.1 秒後に電圧を作るのをストップします。

接続プラグが合わないように思われますが、意図的にそうなっています。発電機が接続を切られた後でもコントロール･ボックスのコンデンサーに残った電力によるショックの可能性があるからです。

注記：全ての配線は、電気設備技術基準の条項に従って正しく実施すること。

ロード･ダンプ

フィン付きアルミニウム製放熱器が、余剰電力を熱に変換して大気中に放散し廃棄します。240V/750W の温水加熱エレメントが使われており、変更は必ず資格を持った電気技術者が行うよう注意して下さい。青と茶色のワイヤーの電圧は DC350 ボルトに相当する高圧で、正しい設置及びメンテナンスが必要です。ダンプ回路を、ポンプのように幾らか優先順位の低い 100～240V 負荷で使えたらと思うでしょうが、ダンプ回路は電圧が変動するので、通常は巧く行きません。

警告：ロード･ダンプは平常の運転中に熱くなる。
垂直にしっかりと設置すること。
冷却空気が自由に流れることを確認すること。
子供たちが触れないようにすること。
可燃性素材を近付けないようにすること。

ロード･ダンプは煙突効果を促すよう、垂直に取付けます。クモの巣などロード・ダンプの周りの空気の自由な流れを邪魔するものを定期的に除去しましょう。廃棄する熱エネルギーを使いたいなら、食器乾燥棚の中に置くといいでしょう。

注記：水力発電用ロード･ダンプはタービンからのエネルギーだけをコントロールします。DC 回路に接続された他の電源（例えば太陽電池パネル）からの余剰エネルギーは処分できません。なぜならばロード･ダンプは、電気が DC 電圧に変換される前の AC 電圧回路で働くからです。

警告：ロード･ダンプは高電圧に接続しており触れると感電死する畏れがある。水力発電機の運転中は接続を断ってはならない。変更は必ず資格を持った電気技術者が行うこと。

直流電流（DC）をバッテリーへ

コントロール･ボックスとバッテリーの接続

コントロール・ボックスには(どんな電圧用に設計されていようとも)、バッテリーとの接続用の接点ボックスがある。適切な絶縁銅線を使って、コントロール・ボックスの赤(+)端子とバッテリーの(+)端子を接続し、黒(−)の端子とバッテリーの(−)端子を接続します。ケーブルのサイズは付録−Ｆを参考にして決めます。バッテリーの(−)極は通常アースされて電気的干渉が減り、更に、電力装置が故障によってアースしてもバッテリーが放電しないようになっています。電気設備技術基準を参照されたい。

内蔵レギュレーターの設定

同梱のレギュレーターは、水力発電機が平均的な条件下で正しく機能するように設定されています。変えてはならない設定が幾つかあります。レギュレーターだけは必ずプログラム４モードで使われなければなりません。PMW(pulse-width modulation：パルス幅調整)設定は、２及び LSET にすべきで、それによって電力のダンプ処分は 10 にコントロールされます。BSET を 0 のままにして、バッテリーの種類に合わせて電圧をセットします。レギュレーターに関する詳細な情報は、レギュレーターの取扱説明書をお読み下さい。

他のレギュレーターとの相互作用

水力発電機は、同じバッテリーを他のタイプの電源と接続して共用できます。しかしながら、この機械と付属するレギュレーターを正しく接続するには、幾つかの要点があります。

もし他の電源が水力発電のレギュレーターの設定電圧よりも高い電圧でバッテリーを充電しようとすると、コントロール･ボックスは全発電量をダンプし始め、発電機は非励磁を起こしてしまいます。タービンは無負荷になり、通常の運転スピードを超えて回転します。そうなると、装置を損傷する畏れがあるし、極端な騒音を発生しますので、避けなければなりません。

レギュレーターの切替え

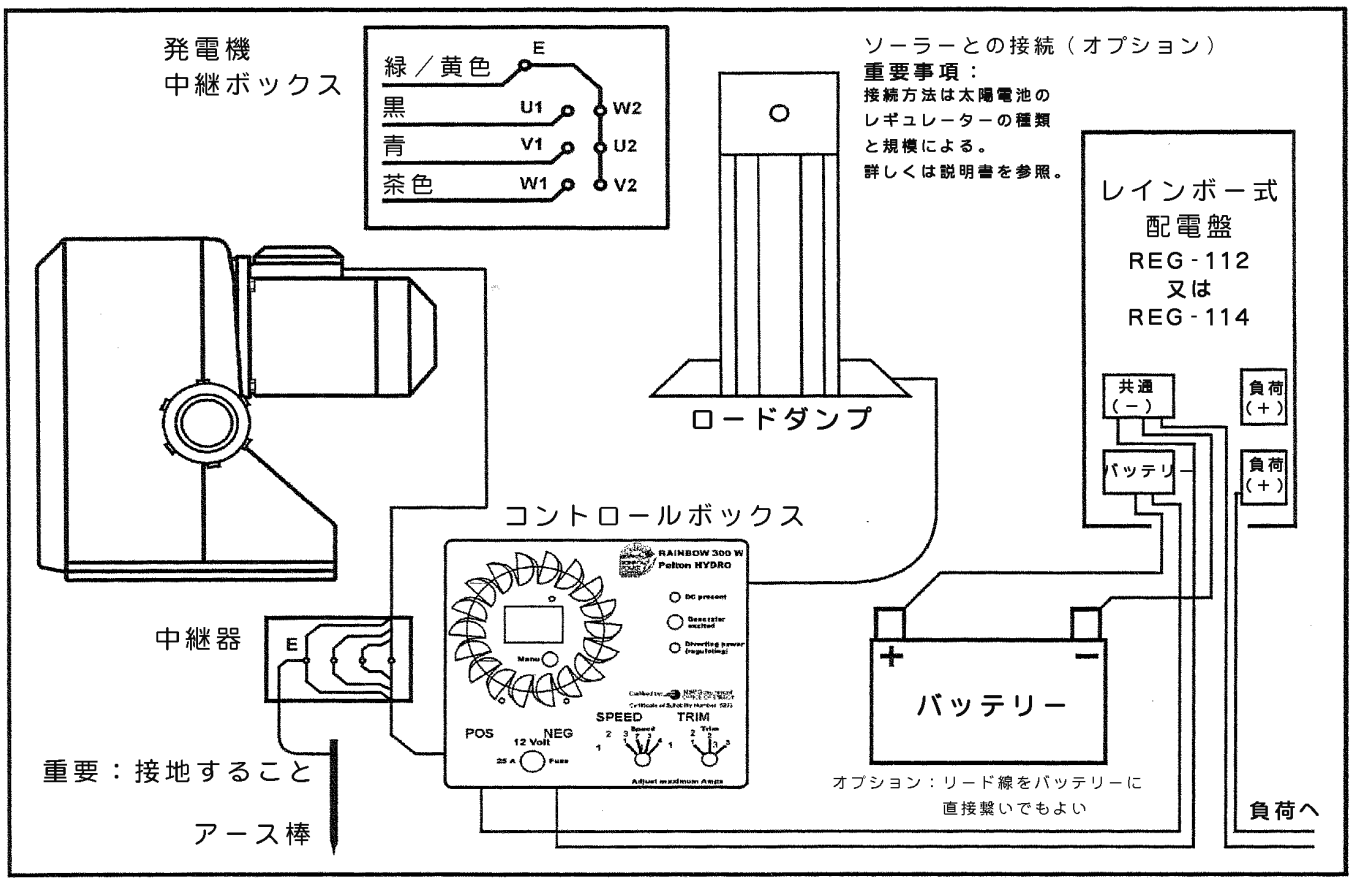
太陽電池の種類によっては、レギュレーターの切替えが原因で、パネルのスイッチを入れるたびに周期的に非励磁を起こすものがあります。その干渉動作は非常に複雑で、バッテリーの種類、充電の状態、太陽光パネルのサイズ、及び水力発電の出力によって変わります。水力発電機とバッテリーの間に適当なダイオードを入れると、干渉動作は防げますが、ダイオードでロスされるエネルギーが犠牲になります。同じく電圧の低下(一般に 0.5V 以上)によって、水力発電機の電圧計が実際のバッテリー電圧より少しだけ高くなります。

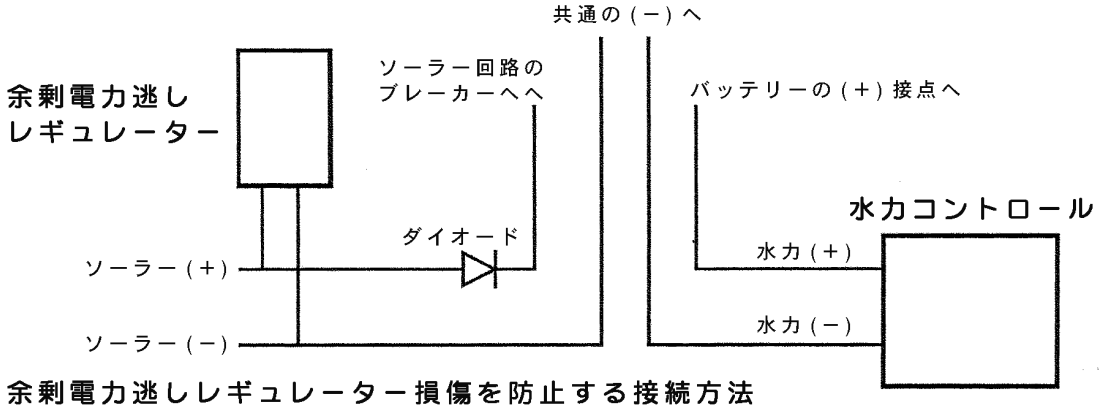
シャント（余剰電力逃し）・レギュレーター

シャント・レギュレーターも、同様な干渉動作を伴う種々の問題を起こします。水力発電機の電力が、太陽光のシャント・レギュレーターによってダンプ処分されないようにする必要があります。但し、太陽光及び水力双方からの入力が大きすぎてコントロールできない場合を除きます。小さなシャント・レギュレーターならダイオードで保護できるでしょう。太陽電池のシャント・レギュレーターをパネルに接続し、図のようにダイオードを通してバッテリーに送ります。この場合もレギュレーターとバッテリーの間で、ダイオードによるロスはあります。ダイオードをこのように使う場合、太陽電池パネルに付属するブロック・ダイオードは要らなくなります。

風力発電機に付属するレギュレーターは、一般にシャント･タイプです。これらは、小型太陽電池のシャント・レギュレーターの場合と同様、発電機とレギュレーターを接続し、ダイオードを通じてバッテリーに電気を送るのが最良です。

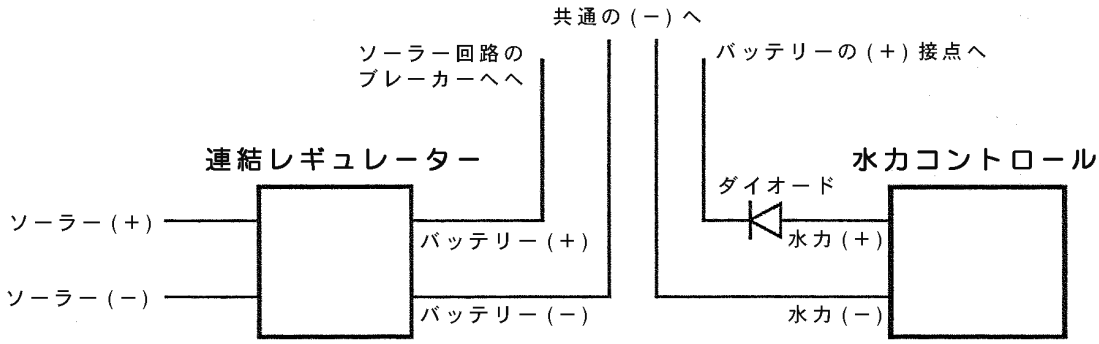
もし水力発電機と他のシステムを結合するのにてこずったなら、ディーラーに連絡を取ってアドバイスを得て下さい。当社の専門スタッフも喜んでサポート致しますので、直接ご連絡下さい。





余剰電力逃しレギュレーター損傷を防止する接続方法

注：余剰電力逃しレギュレーターは、バッテリー電圧よりも高い電圧を完治する。
ダイオードは、太陽電池（又は風力発電機）の電流用でなければならない。
水力のレギュレーターは、余剰電力逃しレギュレーターよりも少し上に設定すること。



水力発電機の非励磁を防止する接続方法

注：ダイオードは、水力発電機の電流に合ったものでなければならない。
水力発電機の電圧計は、バッテリーの電圧よりも上に設定すること。

太陽光／水力ハイブリッド・システム

太陽電池アレイと水力発電機を併用する場合でも、レインボー式マイクロ水力発電機にはデジタル(LCD)ディスプレー付きのレギュレーターが付属していて、太陽電池用のレギュレーターを使う必要はありません。太陽電池用レギュレーターの代わりに、40A のソリッドステイト・リレー(カタログ#RGX-R40)を使い、それを水力発電機付属のレギュレーターでオン・オフさせます。もし太陽電池用のシャント装置とそのインターフェイスが組込んであるなら、水力用レギュレーターがそれもモニターできます。更にもう一組シャントとインターフェイスを増やせば、すべての電力消費状況(DC 及びインバーターとも)をモニターできます。この方法の利点は、たった一つのレギュレーターで、全てをモニターして電力システム全体の情報が得られることです。こっちのディスプレーのデータを読んで、あっちのディスプレーのデータに足したり引いたりする必要はありません。

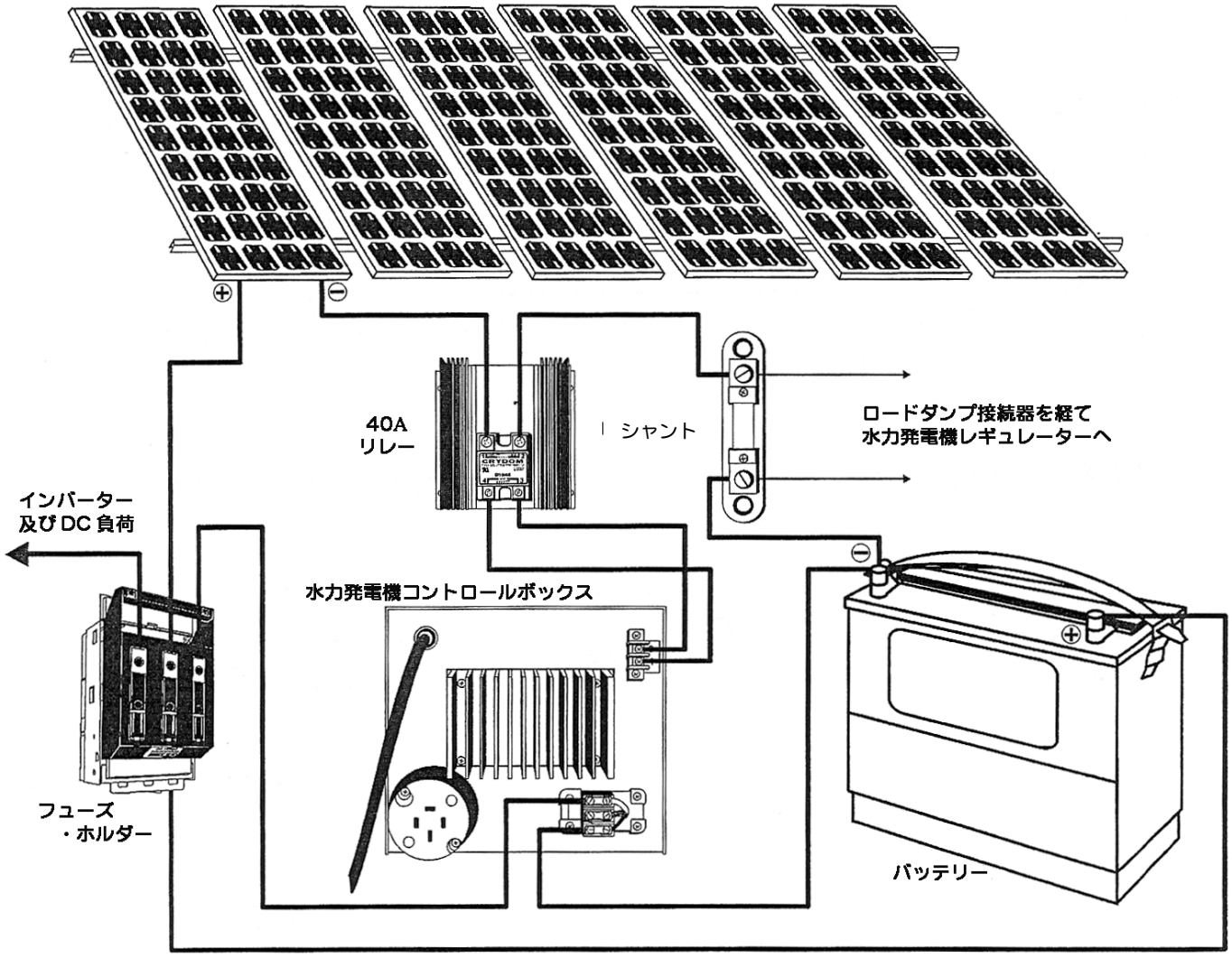
トータル・システム・コントロール

水力発電機に付属するこのレギュレーターは、風力発電機を制御したり、全ての DC 回路やインバータ回路をモニターしたり、バッテリーの充電状態に応じて、他の予備電源をオン・オフさせることにも使えます。こうした全てのパラメーターをプログラム化することもできます。プラズマトロニクスの説明書をご参照下さい。

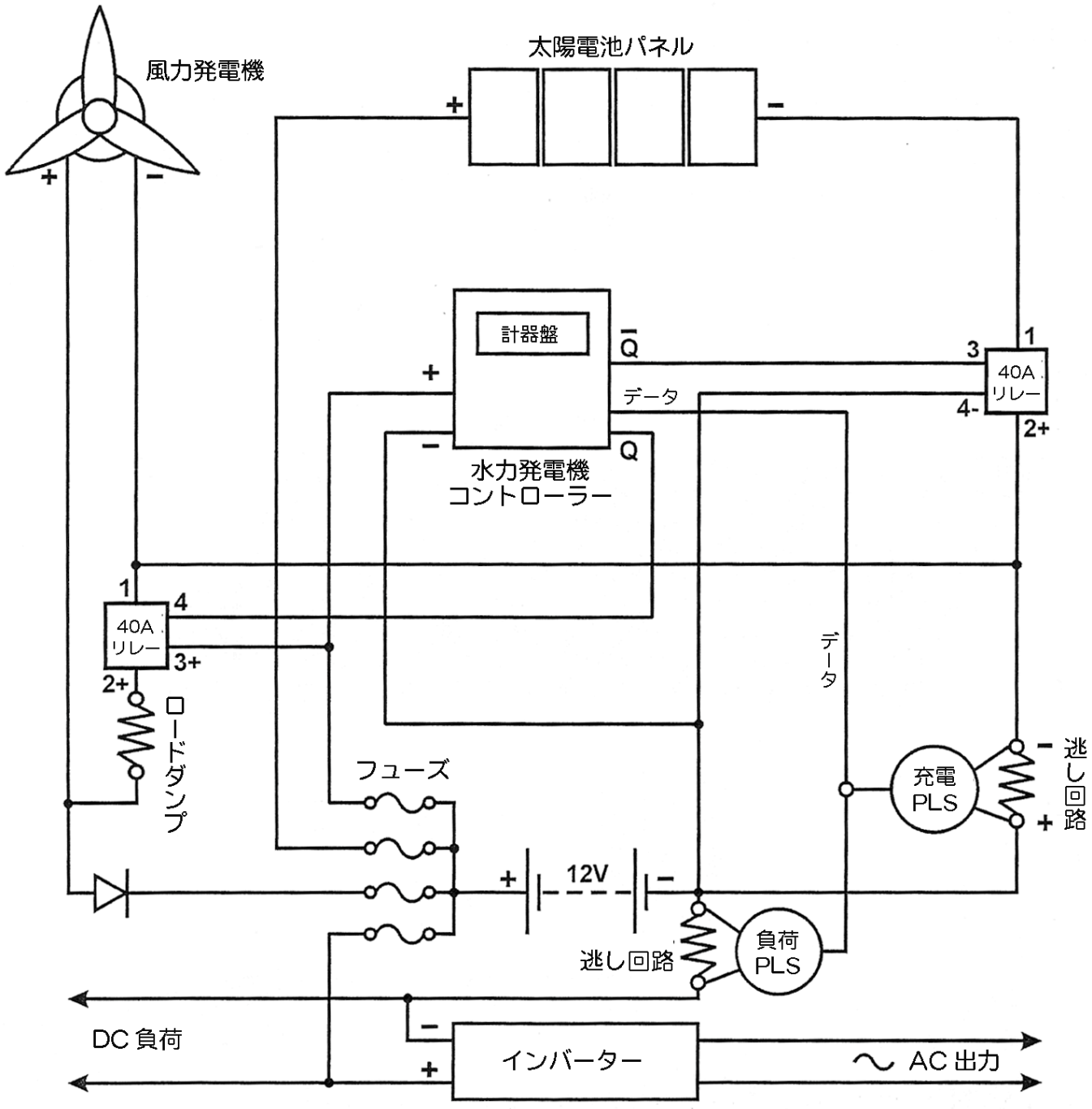
注：

1. 太陽電池アレイにはブロック・ダイオードが必要。
2. プラズマトロニクス・シャント・インターフェイス（カタログ#RGX-001）を水力発電機のコントロールボックスに内蔵されたレギュレーターの接点に接続するには、専用のケーブルをレインボー・パワー社から購入して頂く必要があります。標準のケーブル（カタログ#RGX-222）は使えません。

次の図には、DC 配電盤が表示されていません。DC 回路を組込む場合には、DC 配電盤が必要になります。



太陽光／風力／水力ハイブリッド・システム



第６章　ペルトン水車の調整

ノズル

レインボー式ベルトン水車には２個のノズルがあります。この水車の場合、最大の効率が得られるノズルサイズは直径18.1ミリであり、低落差でも多くの水量を水車に与えるために、複数ノズル配列方式を使ってきました。25メートル以下の有効落差で最大の出力を得るには、複数ノズル方式を使う必要があるのです。通水量や出力を増加或いは減少させたい場合には、付録−Eのノズルの組合せを参照して下さい。

ノズルが大きいほど出力も大きくなるように思われますが、それにも限界があります。水の使用量が多いという利点も、パイプラインが十分に太くなかったなら圧力損失のために相殺されてしまいます（22、23頁のグラフ参照)。最大の出力が得られるノズルサイズは中間域にあるでしょう。ノズルサイズが大き過ぎたりノズルの数が多すぎた場合、あるいはパイプラインに何か問題がある場合の圧力境失は、ゲートバルブに取付けられた圧力計に現れます。水不足、フィルターの詰まり、あるいはしつこいエアロックなどは、全て圧力を減少させるのです。

注：水力発電機の出力を、ゲートバルブの開閉で加減してはならない。それは、水力発電の効率を著しく低下させ、更にキヤピテーションや、終にはゲートパルプの破損の原因になる。出力は、ノズルの変更によってのみ制御すること。

流 量 の例

ノズルサイズ (mm)	有効落差(m) 15m	50m	80m
	概算流量(リットル/秒)		
2.3	.07	.13	.16
3.2	.14	.25	.32
4.5	.27	.50	.63
6.4	.55	1.01	1.27
7.8	.82	1.50	1.89
9.0	1.09	1.99	2.52
11.1	1.66	3.03	3.83
12.8	2.21	4.03	5.10

出力限界：警告

圧力が十分でパイプサイズが適切ならば、ベルトン水車の発電量は出力表をオーバーすることもあります。その場合はヒューズが飛びます。もし間違ったヒューズを取付けていたら、発電機や電子機器を損傷することになります。最初に装置を設定する際に、小さ目か中間のノズルから初めて電流計を見てみましょう。電圧の設定値が最高限界 に達した時の電流値が、12Vモデルで20A、24Vモデルで10A以上にならないことを確認します。ノズルには安全な最大限界があります。それより大きいノズルは使えないように全て隠して下さい！

コントロール・ノブ

スピード・ノブとトリム・ノブ（平準化ノブ）は発電機をサイトに合わせて調整するものです。装置を運転させながら、最大アンペアになるように 2 つのノブを調節します（以下を参照)。

タービンのスピード

ノズルを正しく選定した後に、コントロール・ボックスのコントロール・ノブを調節して下さい。「スピード」ノブでタービンのスピードを水の流速に合わせます。タービンの回転スピードが水の流速の半分に近い時、効率が最大になり、スピードが上がるにつれて圧力も上昇します。スイッチの4箇所の設定位置から、最大のアンペアが得られる位置を1箇所選択します。

発電機の電圧

次にトリム・ノブをセットします。タービンの回転スピードと発電出力を見ながら、発電機の最適な電圧を見極めるのです。ノブには、カチッと鳴る３段階の設定位置があって、コントロールポックスのショートを防ぐために、発電機の稼働中に操作された場合には接続しないようになっています。設定位置は、急激に切替えないようにして下さい。ロアー・ポジションは低レベルにおいてより多くの出力が得られるように、他方、ハイアー・ポジションはより大きい出力レベルからさらに多くの出力が得られるようになっています。

ノブを単純に最大の電流値が得られる位置にセットします。小ノズルを使っているとポジション＃１が最良になり、大ノズルならポジション＃３で、アンペアが更にいくらか増えるでしょう.

見ながらの調整

タービンが効率的なスピードで回転しているかどうかは、一目で分かります。水車の回転スピードが最小の時、水は水車から横にこぼれて回転軸にかかりそうになるでしょう。もし、水車をまっすぐ通り抜けるような状態が続くなら、水車の回転が速すぎるのです。水がノズルに当たって後方に曲がるようなら、遅すぎます。最適なスピードの時には、騒音も低いでしょう。トリム・ノブも同様にタービンのスプレーパターンに影響を与えるであろうことに注意します。

レギュレーター

回転スピードやトリム・ノブを調整する時、バッテリーがフル充電済み状態で抑制が掛っているかもしれません。電流計を見ると充電中の電流が分かりますが、レギュレーターが働いていると、その電流が低く抑えられています。調整作業を行う時には、レギュレーターの作動中を示す赤いランプが消えていなければなりません。必要なら、何かの負荷を掛けて電圧を減らしてやれば、全量を充電している状態になり、作業が進められます。

この内蔵レギュレーターの情報に関しては、プラズマトロニクス・レギュレーターの説明書を参照して下さい。例えば、太陽電池の制御用に他のシャント・レギュレーターを使用している場合には、プラス回路にダイオードを使って（配線図参照）レギュレーターを水力発電の出力から保護することが大事です。

水力発電のレギュレーターと、同じシステムに結合した他の（例えば太陽電池用の）レギュレーターの間で「競合」のような現象が見られることがあります。こうした不規則な割込みが繰り返されても心配はありません。水力発電のレギュレーターを、他のレギュレーターの上位又は下位に設定することによって安定化が得られます。もっと詳しい情報が必要なら、当社に直接ご連結下さい。

発電機は、レギュレーターで設定したフロート電圧に至るまでバッテリーを充電します。最適のフロート電圧は、バッテリーの形式、条件、使用計画によって決まります。バッテリー・メーカーに問合せて下さい。当社では12V用バッテリーの場合、鉛バッテリーでは13.5～14Vを、ニッカド・バッテリーでは14.5～15Vを推奨値としています。

発電出力

20頁のグラフに予想発電量が示されています。主な機械のおよその効率は、運転条件（サイトの落差と水量）次第ですが、水車が70％、発電機は75％、コントロール・ボックスと整流器は85％です。総合効率は、各運転条件における3つの数字の積（掛け合わせた値）になります。40％の効率が達成できる落差及び水量の範囲はそんなに大きくはありません。当社の機械は、極めて幅広い範囲の落差と水量において卓越した性能を発揮します。水力発電システムの多くは、低出力領域における性能が極めて悪く、カタログには性能の実測値ではなく推定値が記されているものです。

計　器

発電出力の電圧と電流の両方が液晶画面のメーターにデイスプレーされるので、発電の性能が簡単に分かります。更に、その日の積算発電量を見ることもできるし、過去30日をさかのぼって毎日の基本的な怯能値をチェックできます。

表示ランプ

DC電流（上方の青ランプ）:

コントロール・ボックスにDC電庄がある時は、必ずこのランプが点灯しています。これはバッテリー・バンクが接続していてヒューズが飛んでいないという表示です。

AC電流（中央のオレンジ・ランプ）:

このランプは､発電機が励磁していることを示します。発電機の回転速度が遅い時、点滅を繰り返しますが、それは正常の状態です。

発電機がトリム・ノブのポジション１で運転している間は、バッテリー電圧は10V以下で、この時オレンジのランプは消えています。回転速度が不十分で磁力が足りない場合にも、オレンジ・ランプは消えています。これはスピード・ノブによって変えられます。その他、発電機接続ケーブルのショート、無負荷、水車の滑り、コントロール・ボックス内又はロード・ダンプ回路のトランジスターのショート、出力電流のショート、ノズル・ジェットの詰まり、などといった非励磁トラブルも表示されます。非励磁トラブルは、発電機の残余磁力が失われただけなので必ずしも修理を必要としません。残余磁力を回復する方法に関する説明は、29頁の第２パラグラフを参照して下さい。

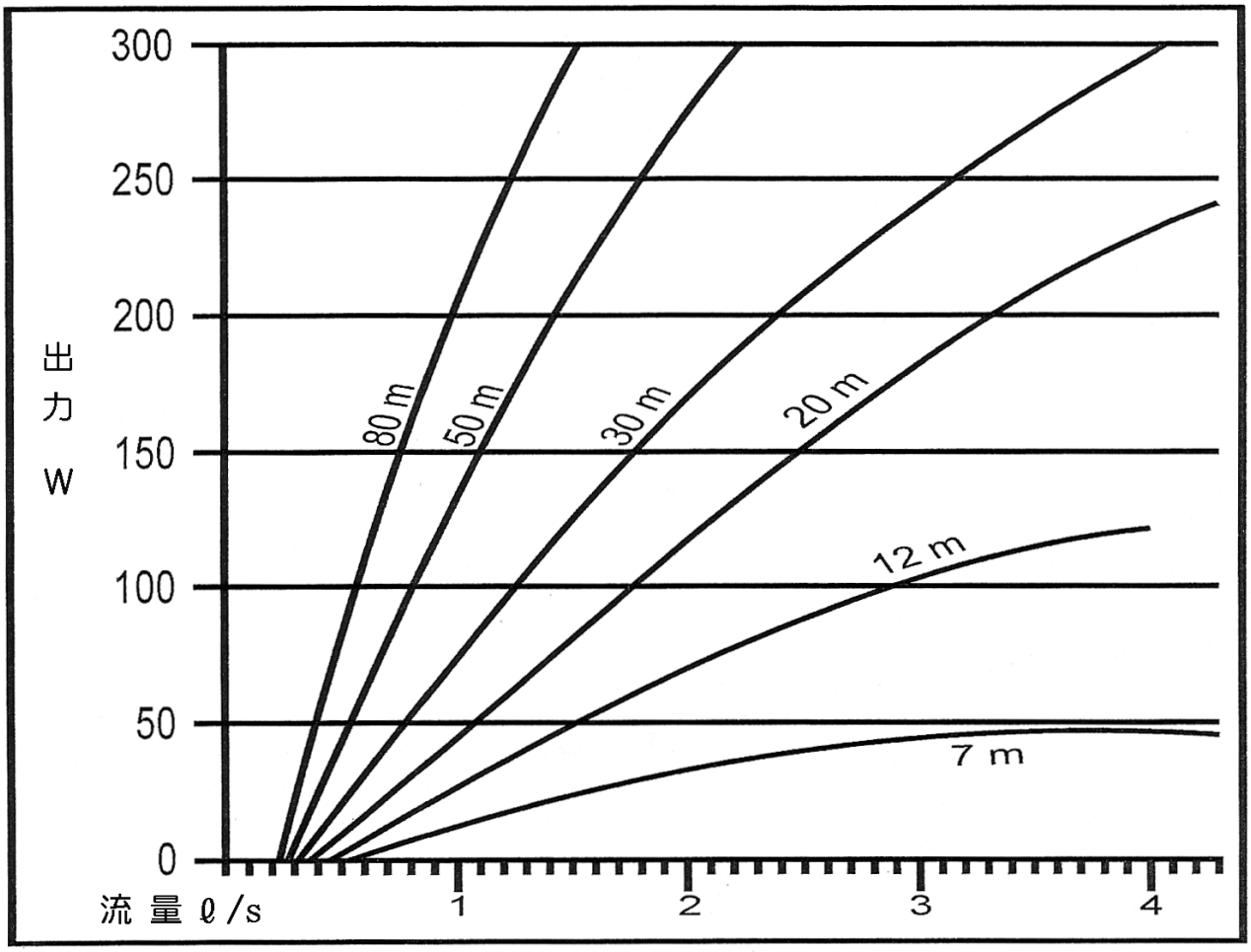
ダンプ中（下方の赤ランプ）:

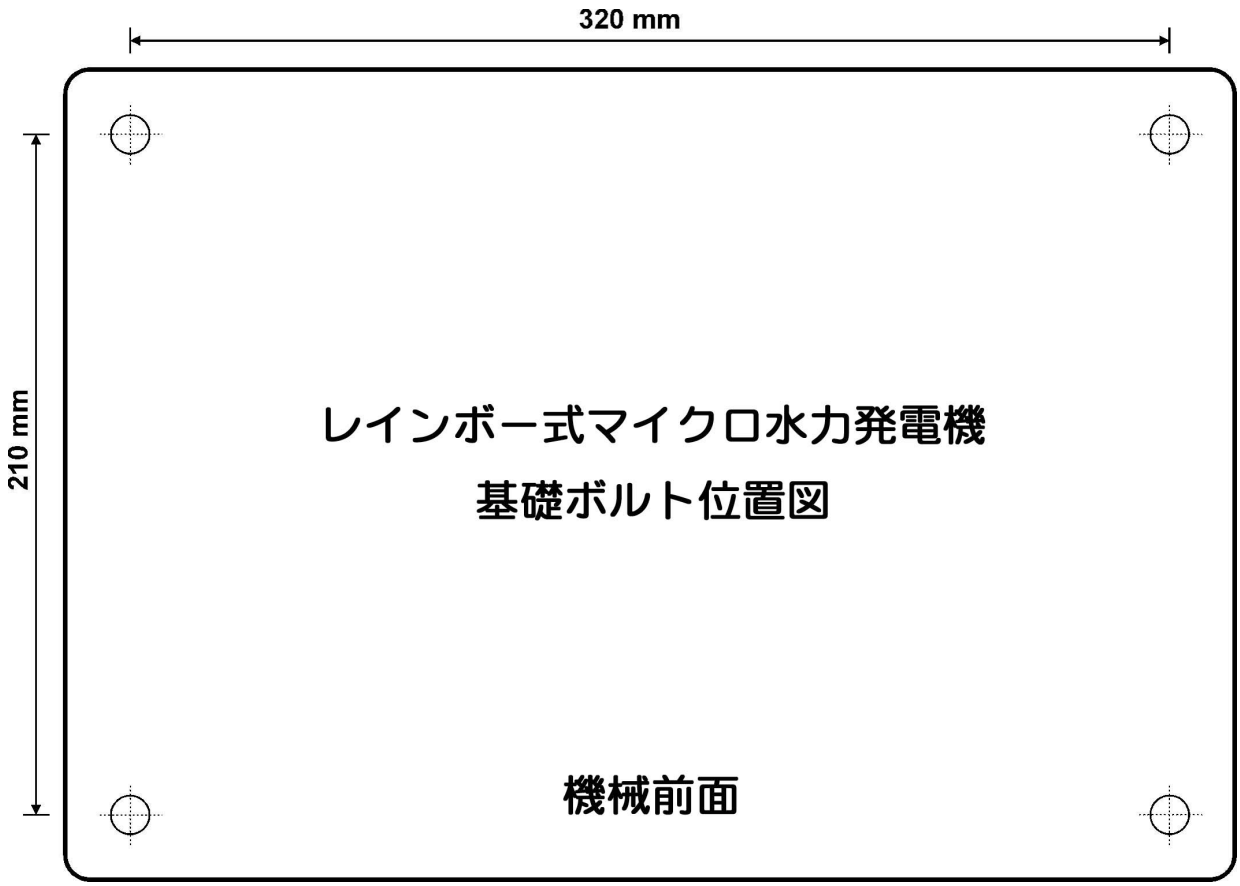
このランプは、電力がロード・ダンプに捨てられていることを示します。このランプが点灯している時、電流計のアンペアは低下しているでしょう。

フューズ

内蔵フューズ・ホルダーには、3AGタイプのフューズが使われており、少量のグリース、石油ゼリー又などによって汚れや接触不良から保護されています。12Vの装置には25A、24Vの装置には15Aのフューズが使われています。大き過ぎるフューズを使うと、電子回路を保獲できません。

バッテリーへのDC出力回路或は発電機からコントロール･ボックスへの高圧回路がショートしている場合、フューズが飛ばなくなるので注意が必要です。誘導発電機は本来的に、低電圧（ショートした時など）になると励磁が失われて、十分な電流を送れません。


300
250
200
150
100
50
0
出力 W
80 m
50 m
30 m
20 m
12 m
7 m
流量 ℓ/s
1
2
3
4


320 mm
210 mm
レインボー式マイクロ水力発電機
基礎ボルト位置図
機械前面

第７章　分解作業と通常のメンテナンス

ロード・ダンプ

警告：タービンが稼働している時、ロード・ダンプへの電線は危険な電圧になっている。ロード・ダンプに関する全ての作業は、資格を持った電気技術者によって実施されなければならない。あらゆる分解作業を行う前に、タービンを停止してバッテリーの接続を切ること。

ロード･ダンプが高圧ケーブルで接続されているのは、すぐ分かります。その接続を切る必要がある場合、ベースをヒート・ダンプから外すとジャンクション・ブロックが現れます。すると、エレメント上にワイヤーの端子が見えます。緑と黄色のワイヤーはエレメントのケースに接続せよという意味です。それを通電中のピンのどれにも接続してはなりません！

ロード・ダンプを接続しないと機械が動かない。これは欠くことのできない前提条件です。ワイヤーのプラスチック被覆が通電を妨げていないことを確認しながら、慎重にワイヤーをコネクター・ブロックにネジで縮めて取り付けて下さい。

ランナー

ベルトン水車のランナー本体は、６mmナット用のドライバーとスパナで取り外せます。ランナーのプラスチックは、水中の砂に耐え経年劣化しないように意図的に硬く造られています。従って、脆いのです！

長年たつと、ベルトン水車のアセンプリーは、発電機のシャフトから取り外すのが難しくなっているかもしれません。ベルトン水車に傷を付けないように注意しましょう。もしアセンプリーが簡単に取り外せないなら、次の説明に従って安全に取り外して下さい。

1. 次頁の図面を注意深く見ること.
2. **引っ張りブロック**として使える適当な材木（厚さ40mm以上）を使用。材木が窓枠を傷付けないことを確かめ、その中心に10mmの穴を開ける。
3. 締金、窓、ベルトン水車アセンブリーを止めている長い６mmボルトを取り外す。
4. スプレー・チヤンバーの中にボロ布か何かを敷いて、水車を誤って落とした際のショックを和らげるようにしよう。

   注記：ベルトン水車は脆いし、作業中に突然シャフトが外れる可能性がある！
5. 発電機に同梱されている10mmの長いボルトを材木製引っ張りブロックに通し、ベルトン水車のシャフトの先端に当て、ボルトの頭が引っ張りブロックに埋まり始めるまで慎重にねじ込む。ベルトン水車アセンブリーが発電機のシャフトから引き抜かれるまで、ゆっくりとボルトを締め続ける。
6. アセンブリーが取り外せたら、木製のドリフトでベルトン水車の中心を通っているシャフトをそっと軽く叩いて、水車をシャフトから外す。

発電機

ランナーのボルトを引き抜くと、発電機が取り外せます。エンド・ベルを発電機に止めているボルトを廻して抜くと、ベアリングがあります。ドリフトでベルを軽く叩いて外しましょう。強固に密着していても、傷付きやすいので決してドライバーで隙き間をこじ開けないで下さい。無理すると発電機の徹妙なエアー・ギャップに狂いが生じ、発電できなくなりかねません。ベアリングは、もし必要ならプラーを使ってシャフトから取り外すことができます。

ベアリングのメンテナンス

発電機には、潤滑油不要の完全密閉型ベアリングケースが付いています。出荷前に潤滑油が注入されていて、数年間は十分に使えます。又、ベアリングは数年間の使用に耐えられます。当社では、次に述べるメンテナンスを機械工又は据付工によって行うよう推奨します。

新しいグリースを入れる南に、ベアリングケースを開き、変質して異物を形成するもとになる古いグリースや石鹸の痕跡を全て拭き取らなければなりません。

グリースの種類

万能のリチウム入りグリースを推奨します。SHEU ALVANIA EP2、CASTROL EPL2などがあります。

再組立

発電機を組み立てる時、少量のグリースをベルの機械仕上げ面に塗ると、作業がより容易になります。組立を容易にするために、ベルを少し加熱する人もいます。鉾物の隅に小さな排水口があるのに注目して下さい。

通常の使用で磨耗する部品は、発電機用の２個のベアリングだけですが、容易に入手できる玉軸受です。

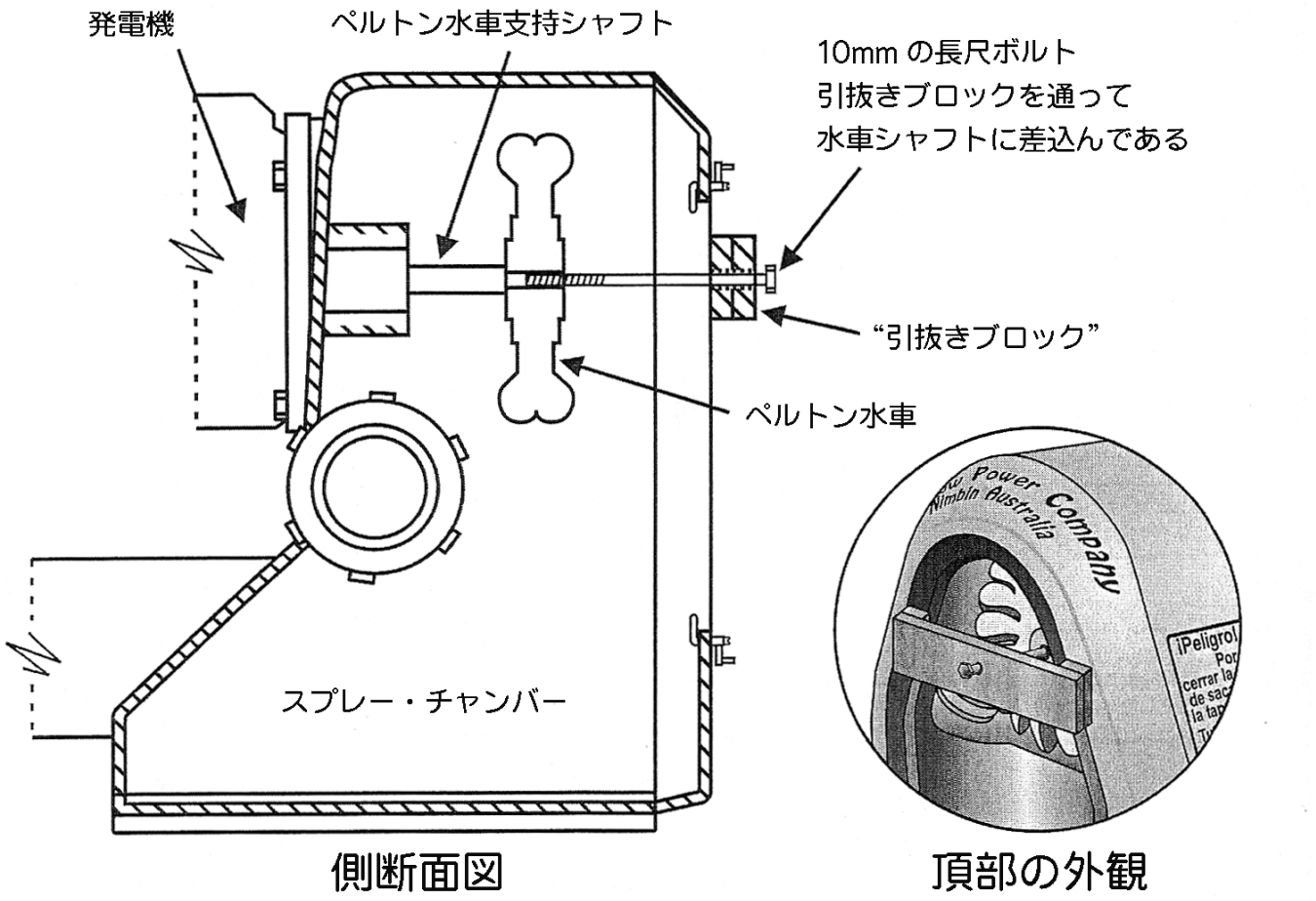
ランナーの後ろにあるスロワーが、シャフトを効率良く高い乾燥状態に保っており、通常の使用条件でフロント・ベアリングに水が付くとすれば、機械が停止中の結露しかありません。結露は、機械が稼働すると発電機の発熱と空気の動きで蒸発します。

ベルトン水車アセンブリーを再組立するに当っては、全ての表面がきれいであることを確認し、事前に気前よく高品質の固着防止剤を塗って下さい。

配　管

簡易接続式の入口マニフォールドは、接続部品のアセンブリーでペンストック（小川からのパイプライン）の末端へ、容易に取付けできます。付属のゲートバルブには、ペンストック側に圧力計が取付けられています。即ち、ゲートバルブが閉じている時には静止落差が、開いている時には有効落差が読めるのです。もし有効落差が、静止落差の70％以下であるなら、ノズルの数が多すぎるかノズルのサイズが大きすぎるか、あるいは、取水フィルターが詰まっているかエアロックのために圧力損失があることを示しています。

ノズルを交換する時には、新しいノズルが正しく台座の上に乗るように、くれぐれも慎重に取付けて下さい。もしナットが最後までねじ込まれていないと、圧力の急上昇によって押し出されて水車に当たり、カップを損傷する心配があります。大惨事にはならなくても、ノズルが正しい位置にないと困ります。噴射水が正確な方向を向いていないと、ノズルの緑から漏れた水が噴射水に達し、フォーカスを更に損なうことになります。



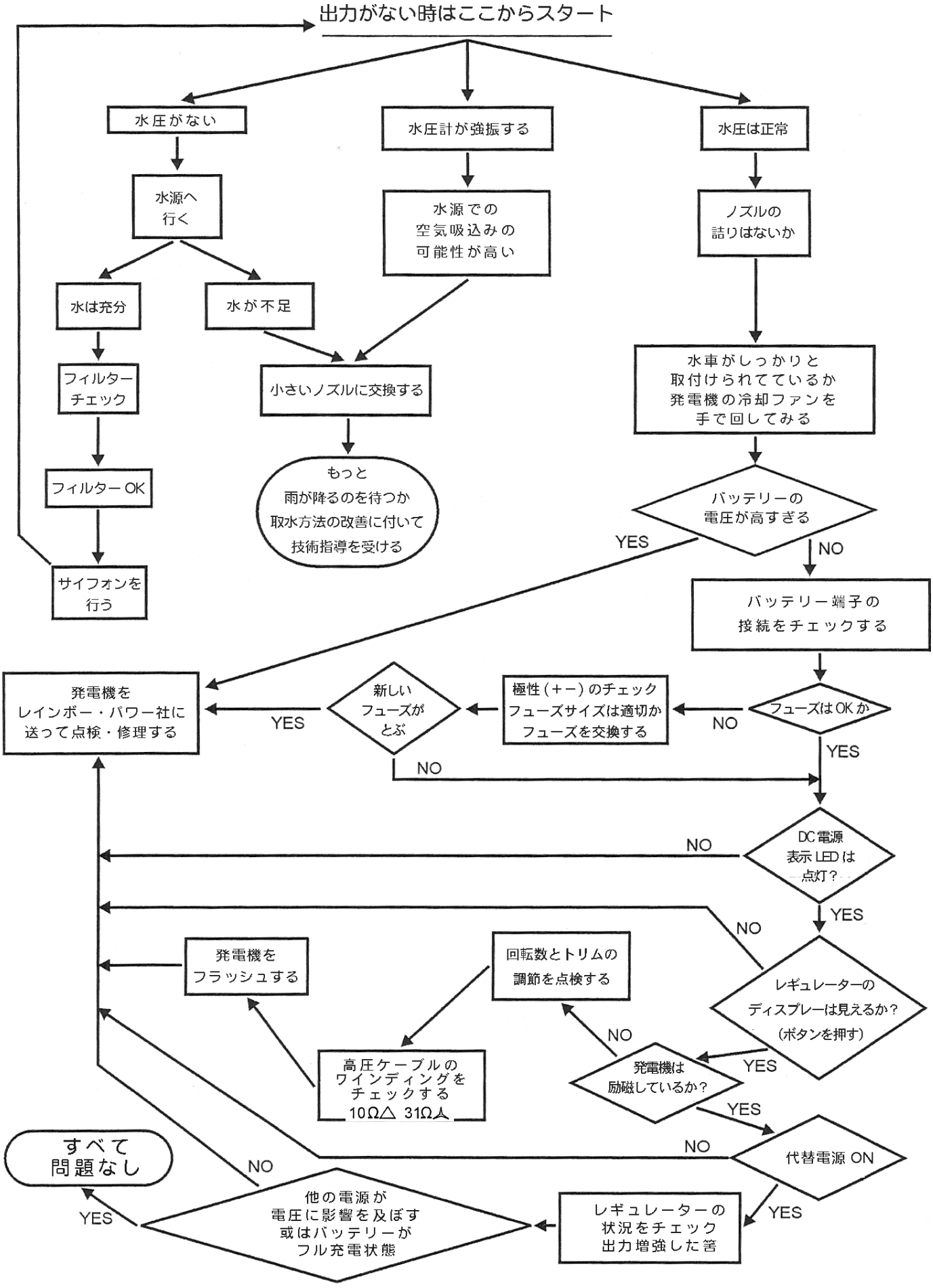
側断面図　　頂部の外観

固着したペルトン水車の取り外し方

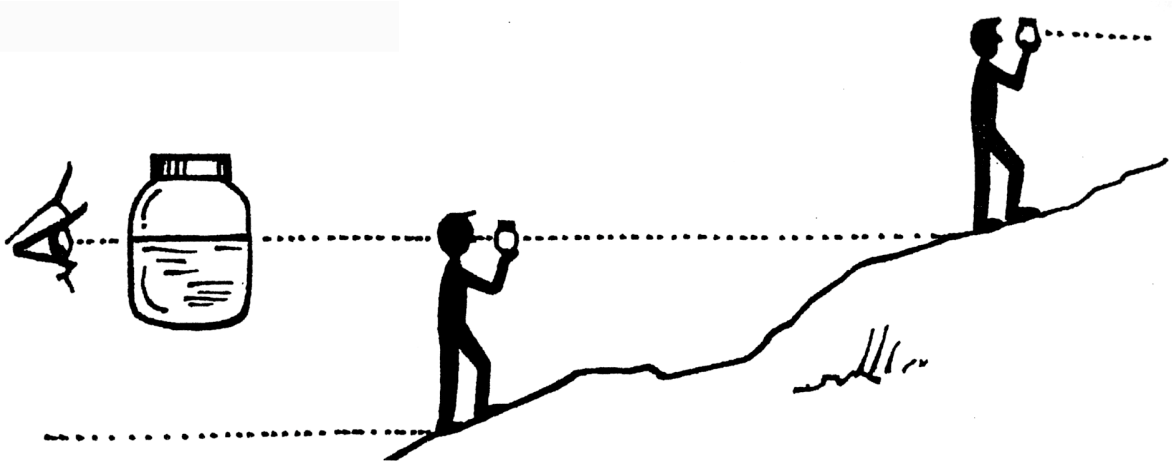
第8章トラブル・シューティング

もし水力発電機が充電をストップした場合、システムのどこに不具合があるかは、常に明白というわけではありません。給水関係かも、機械的や電子的な問題かも、或は配線の欠陥かも知れません。当社では、問題を素早く見つけるために、多くの表示器を機械に組込んであります。表示器自身も壊れやすいので、過酷な環境の中で何年もの間稼働できるよう、その保護に手を尽くしています。

次頁のフロー・チャートは、あなたが問題点の回答に到達するために調査する事項と利用すべき情報を示しています。先ずは、ベルトン水車ユニットが発電していない、即ち、出力ケーブルを電流が流れていないという仮定からスタートします。最上部の 出力のない時はここからスタート と書かれた場所から始めましょう。


出力がない時はここからスタート
水圧がない
水圧計が強振する
水圧は正常
水源へ行く
水源での空気吸込みの可能性が高い
ノズルの詰りはないか
水は充分
水が不足
フィルターチェック
小さいノズルに交換する
水車がしっかりと取付けられてているか発電機の冷却ファンを手で回してみる
フィルターOK
もっと雨が降るのを待つか取水方法の改善に付いて技術指導を受ける
バッテリーの電圧が高すぎる
サイフォンを行う
YES
NO
バッテリー端子の接続をチェックする
発電機をレインボー・パワー社に送って点検・修理する
新しいフューズがとぶ
極性(+−)のチェックフューズサイズは適切かフューズを交換する
フューズはOKか
YES
NO
NO
YES
DC電源表示LEDは点灯?
NO
YES
発電機をフラッシュする
回転数とトリムの調節を点検する
レギュレーターのディスプレーは見えるか?(ボタンを押す)
高圧ケーブルのワインディングをチェックする10Ω△ 31Ω人
発電機は励磁しているか?
NO
YES
YES
すべて問題なし
NO
代替電源 ON
NO
YES
他の電源が電圧に影響を及ぼす或はバッテリーがフル充電状態
レギュレーターの状況をチェック出力増強した筈
YES

添付資料-Ａ　サイトの調査



落差の計測

タービンの位置から水源までの垂直高さは、次のようにして測定します。

1．山谷の多い地域の等高線図を読む。等高線は通常10メートル置きの高度で引いてあります。

2．既にパイプが敷設してあるなら、パイプの端末に圧力計を付ければ高さが分かります。kPaで表示された計器の読みを10で割ればメートル単位の落差が得られるのです。パイプの口径や長さは圧力には関係ありません。但し、パイプ全体が満水で途中（例えば蛇口など）から水の流出がないことが前提です。

3．代りに、アルコール水準計を持って水のコースを歩いて登っても落差は測れます。気泡が中央にある状態の水準計を持って先端を見ます。そこに見える±の一点が、あなたが次に立つ場所です。水源に至るまでそれを繰り返し、その回数にあなたの自の高さ（例えば1.6m）を掛ければ落差が得られます。急傾斜の場所では、急流や滝の高さを隣接した木と比べたり、実際にロープを掛けて、堆測できます。今は、非常に正確な高度測定装置も買えます。ポケット電卓のような電子装置が測量技師に使われていて、最低１メートルまでの高度差を測れます。類似の装置はグライダーのパイロット用にも使われていて、高度計と呼ばれています。利用可能な落差を得るには、タービンサイトの海抜を水源の海抜から差し引きます。

水量の測定

小さな滝や狭い川ならバケツ（例えば10ℓ）で受けて満水になる時間で測れます。その際、小川の流れ全部をバケツに入れるようにします。10ℓのバケツが10秒で満水になるなら、毎秒1ℓを意味し、それが実際の流量です。この測定法は、流れが平均的な時か乾燥季に行うべきで、雨の直後は避けましょう。

パイプ口径の選定と摩擦損失の計算

パイプを流れる水の摩擦は、口径によって大幅に変わります。口径が２倍になると水量は２０倍になります！言い方を変えると、パイプが１サイズ小さいと電力量は半分になり、１サイズ大きいとパイプに無駄な金を捨てることになるのです。

最適のパイプサイズは？

1．前述の何れかの方法で、利用可能な（静止）落差を計りましょう。

2．パイプの必要長さを出します。距離を計測するか歩測するのが最も信頼性が高いですが、一帯が非常に険しい場合、三角法を使わなければならないでしょう！

3. 19頁のパイプサイズ選定図を使うか、レインボー・パワー社に連絡をとり性能予測についての助言を求めて下さい。

注記：利用可能な落差が７m程度であるなら、ほんの少しの圧力損失でも極端な発電ロスを起こすであろう。この圧力以下では発電機の効率は維持できない。

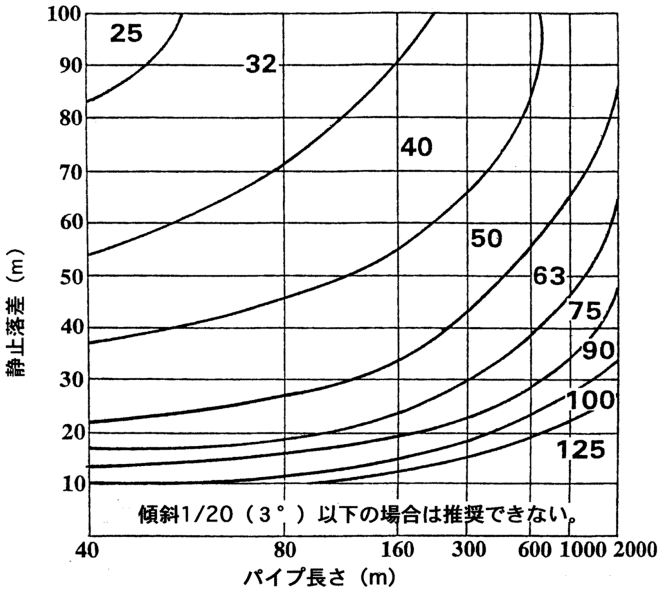
発電出力の見積り

流量と静止落差の両方が分かったら、パイプの摩擦損失を差し引いて有効落差を計算します（流量、パイプ長さ及びパイプ口径に比例)。装置の発電出力は23頁のグラフから読み取れます。レインボー・パワー社ではコンピュータ・プログラムで、理論的な発電量を計算するサービスを行っています。水力発電装置が12ボルトで4アンペア、あるいは24ボルトで2アンペアを発電し、毎日24時間連続で充電するなら、太陽光パネル4枚分に相当（金残的にほぼ等価）し、太陽が出ていない時にも充電するのです！太陽光パネルが殆ど発電できないような曇りの時にでも、水力は1日24時間稼働を続けられることを思うと、出力は少なくても貴重でしょう。

配管長さ（m）	落差（m）													
	13	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
40	90	75												
50	100	90	63											
60	100	90	63	50										
70	100	90	63	63	50									
80	100	90	63	63	50	50								
90	100	90	63	63	50	50	50							
100	100	90	75	63	63	50	50	40						
120	100	90	75	63	63	50	50	50	40					
140	125	100	75	63	63	50	50	50	50	40				
160	125	100	75	63	63	63	50	50	50	40	40			
180	125	100	75	75	63	63	50	50	50	40	40	40		
200	125	100	90	75	63	63	50	50	50	40	40	40	32	
250		100	90	75	63	63	63	50	50	50	40	40	40	32
300		100	90	75	75	63	63	50	50	50	40	40	40	32
350			90	75	75	63	63	63	50	50	50	40	40	40
400			90	75	75	63	63	63	50	50	50	40	40	40
450				90	75	63	63	63	63	50	50	40	40	40
500				90	75	75	63	63	63	50	50	40	40	40
600					75	75	63	63	63	50	50	50	40	40
700						75	75	63	63	63	50	50	40	40
800							75	63	63	63	50	50	50	40
900								63	63	63	50	50	50	40
1000									63	63	50	50	50	50
1500											63	50	50	50
----												--	--	--

レインボー式ペルトン水車の推奨パイプ口径(OD*)

*OD＝ 外径、メートル法による第６級標準ポリエチレンパイプを使用



注　記：

パイプの口径は全てミリメートル（外径）で表され、クラス「B」のポリエチレンになっている。口径は、最大出力300ワットの性能の90～100％が出るように決められている。

水力発電機の最大性能が全く必要ない場合には、１サイズ小さいパイプ口径を選べばいい。決して２サイズ小さいパイプ口径を選択してはならない。そうすると、ベルトン水車は事実上無用になってしまうかもしれない。

１サイズ大きいパイプ口径は、同サイズのパイプ２本並列よりも有効である。途中に１本でも小口径のパイプがあれば、その前後の太いパイプの利点を殆ど台なしにしてしまう。

７メートルから18メートルの間の落差の場合、ノズルとパイプの口径には関係なく、300ワットは達成できない。たとえ最大出力に近いところでの稼働が難しくても、水力はこうした低い落差においてさえ貴重な財産であろう。

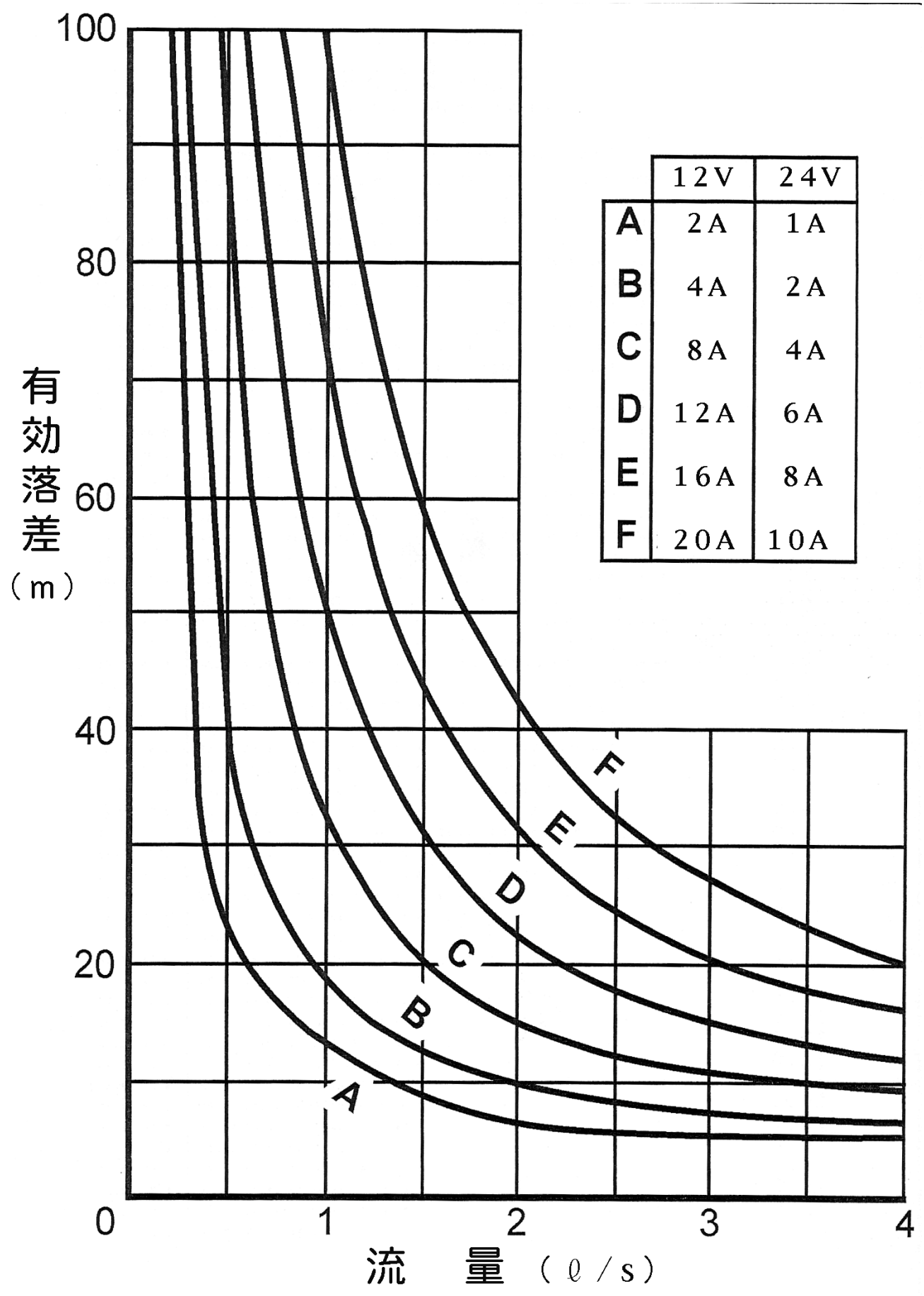
メートル法の単位で売られるパイプは通常、外径（OD）表示になっているが、英国単位で売られるパイプは内径（ID）表示である。

内　径

当然ですが、水に摩擦の影響を与えるのはパイプの内径（ID）です。パイプのサイズ表示は実に紛らわしく、ID表示やOD表示、メートル法変換など不統一な取決めがありました。不幸にして「英王国」では常にID測定であったのに対して「メートル法」の標準はODです。期待した性能を下回った設備の中には、この浪乱に起因したものもあります。実際には、使用するパイプのIDを測るようにして下さい。水が行き渡る部品は総べて同様に、結果的に圧力損失に影響を与えることになります。よく忘れられがちな要素として、多くの植物や動物がパイプの内壁に付着し得るという点があります。そうなると、パイプはより細くなり内面がデコボコになって、すぐに機械の出力を半減させてしまいます。その心配があるかどうかは、川底にある石を見るか、又は付近の住民、地元のポリ・パイプ業者、農林担当官などに尋ねるといいでしょう。もし岩に水垢が付いていたり、その地域に問題がありそうなら、それを考慮してその分の厚みをパイプ口径から差し引かなければなりません。

パイプの摩擦損失は見た目では全く分かりません。口径の影響は第５の力、即ち、小さ過ぎるパイプはあなたが考えるよりずっと悪いのです。同様に、細いパイプがたった１本あったり、小さいIDの部品が使われていたりすると、あなたが頭で考えるよりもっと高くつくことを意味します。

添付資料-B　性能曲線



	12V	24V
A	2A	1A
B	4A	2A
C	8A	4A
D	12A	6A
E	16A	8A
F	20A	10A

添付資料-C　ヘッド・ロス（m／100m）

ポリエチレンパイプ（タイプ５０、６級）　PVC

パイプ呼び径（メートル法はOD、âpçëñ@ÇÕID）

	25mm	1"	32mm	1¼"	40mm	1½"	50mm	2"	63mm	2½"	75mm	3"	90mm	100mm	125mm
0.1	0.57	0.28	0.16	0.11	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	2.05	1.01	0.60	0.39	0.20	0.14	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	4.34	2.14	1.26	0.83	0.41	0.29	0.14	0.07	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
0.4	7.39	3.64	2.15	1.41	0.70	0.50	0.23	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
0.5	11.17	5.50	3.25	2.14	1.07	0.76	0.35	0.18	0.11	0.06	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00
0.6	15.66	7.72	4.56	3.00	1.49	1.06	0.49	0.26	0.15	0.08	0.06	0.03	0.03	0.02	0.01
0.7	20.83	10.27	6.06	3.99	1.99	1.42	0.65	0.34	0.20	0.11	0.09	0.04	0.03	0.02	0.01
0.8	26.68	13.15	7.76	5.10	2.54	1.81	0.83	0.44	0.26	0.14	0.11	0.06	0.04	0.03	0.01
0.9	33.18	16.35	9.66	6.35	3.16	2.26	1.04	0.55	0.33	0.18	0.14	0.07	0.05	0.03	0.01
1.0	40.33	19.88	11.74	7.72	3.85	2.74	1.26	0.67	0.40	0.22	0.17	0.08	0.07	0.04	0.01
1.1	48.12	23.72	14.00	9.21	4.59	3.27	1.50	0.79	0.47	0.26	0.20	0.10	0.08	0.05	0.02
1.2	56.54	27.87	16.45	10.82	5.39	3.84	1.77	0.93	0.56	0.31	0.23	0.12	0.09	0.06	0.02
1.3	65.57	32.32	19.08	12.55	6.25	4.46	2.05	1.08	0.65	0.35	0.27	0.14	0.11	0.06	0.02
1.4	75.22	37.08	21.89	14.39	7.17	5.11	2.35	1.24	0.74	0.41	0.31	0.16	0.12	0.07	0.02
1.5	85.48	42.13	24.88	16.36	8.15	5.81	2.67	1.41	0.84	0.46	0.35	0.18	0.14	0.08	0.03
1.6	96.33	47.48	28.04	18.43	9.19	6.55	3.01	1.59	0.95	0.52	0.40	0.20	0.16	0.09	0.03
1.7		53.12	31.37	20.62	10.28	7.33	3.37	1.78	1.06	0.58	0.44	0.22	0.18	0.11	0.03
1.8		59.06	34.87	22.93	11.43	8.15	3.74	1.98	1.18	0.65	0.49	0.25	0.20	0.12	0.04
1.9		65.28	38.55	25.34	12.63	9.01	4.14	2.19	1.30	0.72	0.55	0.27	0.22	0.13	0.04
2.0		71.79	42.39	27.87	13.89	9.90	4.55	2.41	1.43	0.79	0.60	0.30	0.24	0.14	0.05
2.1		78.58	46.40	30.50	15.20	10.84	4.98	2.63	1.57	0.86	0.66	0.33	0.26	0.16	0.05
2.2		85.65	50.57	33.25	16.57	11.82	5.43	2.87	1.71	0.94	0.72	0.36	0.29	0.17	0.06
2.3		93.00	54.92	36.10	17.99	12.83	5.90	3.12	1.86	1.02	0.78	0.39	0.31	0.18	0.06
2.4			59.42	39.07	19.47	13.88	6.38	3.37	2.01	1.11	0.84	0.42	0.34	0.20	0.07
2.5			64.09	42.13	21.00	14.97	6.88	3.64	2.17	1.19	0.91	0.46	0.36	0.22	0.07
3.0			89.84	59.06	29.44	20.99	9.65	5.10	3.04	1.67	1.27	0.64	0.51	0.30	0.10
3.5				78.58	39.17	27.93	12.83	6.78	4.04	2.22	1.69	0.85	0.68	0.40	0.13
4.0					50.16	35.76	16.44	8.69	5.18	2.85	2.16	1.09	0.87	0.51	0.17
4.5					62.39	44.48	20.44	10.81	6.44	3.54	2.69	1.36	1.08	0.64	0.21
5.0					75.84	54.07	24.85	13.14	7.82	4.30	3.27	1.65	1.32	0.78	0.25
5.5					90.48	64.51	29.65	15.67	9.34	5.14	3.90	1.97	1.57	0.93	0.30
6.0						75.80	34.84	18.41	10.97	6.03	4.59	2.31	1.84	1.09	0.36
6.5						87.91	40.40	21.36	12.72	7.00	5.32	2.68	2.14	1.26	0.41
7.0							46.35	24.50	14.59	8.03	6.10	3.08	2.45	1.45	0.47
7.5							52.67	27.84	16.58	9.12	6.94	3.50	2.79	1.65	0.54
8.0							59.36	31.37	18.69	10.28	7.82	3.94	3.14	1.85	0.61
8.5							66.41	35.10	20.91	11.50	8.75	4.41	3.51	2.08	0.68
9.0							73.83	39.02	23.25	12.79	9.72	4.90	3.91	2.31	0.76
9.5							81.61	43.14	25.70	14.13	10.75	5.42	4.32	2.55	0.84
10.0							89.74	47.44	28.26	15.54	11.82	5.96	4.75	2.80	0.92
11.0								56.60	33.71	18.55	14.10	7.11	5.67	3.35	1.10
12.0								66.49	39.61	21.79	16.57	8.36	6.66	3.93	1.29
13.0								77.12	45.94	25.27	19.21	9.69	7.72	4.56	1.49
14.0								88.47	52.70	28.99	22.04	11.12	8.86	5.23	1.71
15.0									59.89	32.94	25.05	12.63	10.07	5.94	1.95
16.0									67.50	37.13	28.23	14.24	11.34	6.70	2.19
17.0									75.52	41.54	31.58	15.93	12.69	7.49	2.46
18.0									83.95	46.18	35.11	17.71	14.11	8.33	2.73
19.0									92.80	51.04	38.81	19.58	15.60	9.21	3.02
20.0										56.13	42.68	21.53	17.15	10.13	3.32

添付資料-D 圧力の変換

metres	kPa	feet	PSI	metres	kPa	feet	PSI	metres	kPa	feet	PSI	metres	kPa	feet	PSI
5	49.00	16.40	7.11	10	98.00	32.81	14.2	20	196.0	65.6	28.4	45	441.0	147.6	64.0
5.1	49.98	16.73	7.25	10.2	99.96	33.46	14.5	20.5	200.9	67.3	29.1	46	450.8	150.9	65.4
5.2	50.96	17.06	7.39	10.4	101.92	34.12	14.8	21	205.8	68.9	29.8	47	460.6	154.2	66.8
5.3	51.94	17.39	7.53	10.6	103.88	34.78	15.1	21.5	210.7	70.5	30.6	48	470.4	157.5	68.2
5.4	52.92	17.72	7.68	10.8	105.84	35.43	15.4	22	215.6	72.2	31.3	49	480.2	160.8	69.6
5.5	53.90	18.04	7.82	11	107.80	36.09	15.6	22.5	220.5	73.8	32.0	50	490.0	164.0	71.1
5.6	54.88	18.37	7.96	11.2	109.76	36.75	15.9	23	225.4	75.5	32.7	51	499.8	167.3	72.5
5.7	55.86	18.70	8.10	11.4	111.72	37.40	16.2	23.5	230.3	77.1	33.4	52	509.6	170.6	73.9
5.8	56.84	19.03	8.24	11.6	113.68	38.06	16.5	24	235.2	78.7	34.1	53	519.4	173.9	75.3
5.9	57.82	19.36	8.39	11.8	115.64	38.71	16.8	24.5	240.1	80.4	34.8	54	529.2	177.2	76.8
6	58.80	19.69	8.53	12	117.60	39.37	17.1	25	245.0	82.0	35.5	55	539.0	180.4	78.2
6.1	59.78	20.01	8.67	12.2	119.56	40.03	17.3	25.5	249.9	83.7	36.2	56	548.8	183.7	79.6
6.2	60.76	20.34	8.81	12.4	121.52	40.68	17.6	26	254.8	85.3	37.0	57	558.6	187.0	81.0
6.3	61.74	20.67	8.95	12.6	123.48	41.34	17.9	26.5	259.7	86.9	37.7	58	568.4	190.3	82.4
6.4	62.72	21.00	9.10	12.8	125.44	41.99	18.2	27	264.6	88.6	38.4	59	578.2	193.6	83.9
6.5	63.70	21.33	9.24	13	127.40	42.65	18.5	27.5	269.5	90.2	39.1	60	588.0	196.9	85.3
6.6	64.68	21.65	9.38	13.2	129.36	43.31	18.8	28	274.4	91.9	39.8	61	597.8	200.1	86.7
6.7	65.66	21.98	9.52	13.4	131.32	43.96	19.0	28.5	279.3	93.5	40.5	62	607.6	203.4	88.1
6.8	66.64	22.31	9.66	13.6	133.28	44.62	19.3	29	284.2	95.1	41.2	63	617.4	206.7	89.5
6.9	67.62	22.64	9.81	13.8	135.24	45.28	19.6	29.5	289.1	96.8	41.9	64	627.2	210.0	91.0
7	68.60	22.97	9.95	14	137.20	45.93	19.9	30	294.0	98.4	42.6	65	637.0	213.3	92.4
7.1	69.58	23.29	10.09	14.2	139.16	46.59	20.2	30.5	298.9	100.1	43.4	66	646.8	216.5	93.8
7.2	70.56	23.62	10.23	14.4	141.12	47.24	20.5	31	303.8	101.7	44.1	67	656.6	219.8	95.2
7.3	71.54	23.95	10.38	14.6	143.08	47.90	20.8	31.5	308.7	103.3	44.8	68	666.4	223.1	96.6
7.4	72.52	24.28	10.52	14.8	145.04	48.56	21.0	32	313.6	105.0	45.5	69	676.2	226.4	98.1
7.5	73.50	24.61	10.66	15	147.00	49.21	21.3	32.5	318.5	106.6	46.2	70	686.0	229.7	99.5
7.6	74.48	24.93	10.88	15.2	148.96	49.87	21.6	33	323.4	108.3	46.9	71	695.8	232.9	100.9
7.7	75.46	25.26	10.94	15.4	150.92	50.52	21.9	33.5	328.3	109.9	47.6	72	705.6	236.2	102.3
7.8	76.44	25.59	11.09	15.6	152.88	51.18	22.2	34	333.2	111.5	48.3	73	715.4	239.5	103.8
7.9	77.42	25.92	11.23	15.8	154.84	51.84	22.5	34.5	338.1	113.2	49.0	74	725.2	242.8	105.2
8	78.40	26.25	11.37	16	156.80	52.49	22.7	35	343.0	114.8	49.7	75	735.0	246.1	106.6
8.1	79.38	26.57	11.51	16.2	158.76	53.15	23.0	35.5	347.9	116.5	50.5	76	744.8	249.3	108.0
8.2	80.36	26.90	11.65	16.4	160.72	53.81	23.3	36	352.8	118.1	51.2	77	754.6	252.6	109.4
8.3	81.34	27.23	11.80	16.6	162.68	54.46	23.6	36.5	357.7	119.8	51.9	78	764.4	255.9	110.9
8.4	82.32	27.56	11.94	16.8	164.64	55.12	23.9	37	362.6	121.4	52.6	79	774.2	259.2	112.3
8.5	83.30	27.89	12.08	17	166.60	55.77	24.2	37.5	367.5	123.0	53.3	80	784.0	262.5	113.7
8.6	84.28	28.22	12.22	17.2	168.56	56.43	24.4	38	372.4	124.7	54.0	81	793.8	265.7	115.1
8.7	85.26	28.54	12.37	17.4	170.52	57.09	24.7	38.5	377.3	126.3	54.7	82	803.6	269.0	116.5
8.8	86.24	28.87	12.51	17.6	172.48	57.74	25.0	39	382.2	128.0	55.4	83	813.4	272.3	118.0
8.9	87.22	29.20	12.65	17.8	174.44	58.40	25.3	39.5	387.1	129.6	56.1	84	823.2	275.6	119.4
9	88.20	29.53	12.79	18	176.40	59.06	25.6	40	392.0	131.2	56.9	85	833.0	278.9	120.8
9.1	89.18	29.86	12.93	18.2	178.36	59.71	25.9	40.5	396.9	132.9	57.6	86	842.8	282.2	122.2
9.2	90.16	30.18	13.08	18.4	180.32	60.37	26.2	41	401.8	134.5	58.3	87	852.6	285.4	123.7
9.3	91.14	30.51	13.22	18.6	182.28	61.02	26.4	41.5	406.7	136.2	59.0	88	862.4	288.7	125.1
9.4	92.12	30.84	13.36	18.8	184.24	61.68	26.7	42	411.6	137.8	59.7	89	872.2	292.0	126.5
9.5	93.10	31.17	13.50	19	186.20	62.34	27.0	42.5	416.5	139.4	60.4	90	882.0	295.3	127.9
9.6	94.08	31.50	13.64	19.2	188.16	62.99	27.3	43	421.4	141.1	61.1	92	901.6	301.8	130.8
9.7	95.06	31.82	13.79	19.4	190.12	63.65	27.6	43.5	426.3	142.7	61.8	94	921.2	308.4	133.6
9.8	96.04	32.15	13.93	19.6	192.08	64.30	27.9	44	431.2	144.4	62.5	96	940.8	315.0	136.4
9.9	97.02	32.48	14.07	19.8	194.04	64.96	28.1	44.5	436.1	146.0	63.2	98	960.4	321.5	139.3

添付資料-E　ノズルの組み合わせ

ノズルの個数と口径		１個とした場合の
1	2	換算口径
18.1	18.1	25.6
18.1	15.6	23.9
18.1	12.8	22.2
18.1	11.1	21.2
15.6	12.8	20.2
15.6	11.1	19.2
18.1	Cap	18.1
12.8	11.1	16.9
15.6	Cap	15.6
12.8	7.8	15.0
11.1	9.0	14.3
11.1	7.8	13.6
12.8	Cap	12.8
11.1	4.5	12.0
11.1	3.2	11.6
11.1	Cap	11.1
9.0	4.5	10.1
9.0	3.2	9.6
9.0	2.3	9.3
9.0	Cap	9.0
7.8	3.2	8.4
7.8	2.3	8.1
7.8	Cap	7.8
6.4	3.2	7.2
6.4	2.3	6.8
6.4	Cap	6.4
4.5	3.2	5.5
4.5	2.3	5.1
4.5	Cap	4.5
3.2	2.3	3.9
3.2	1.6	3.6
3.2	Cap	3.2
2.3	1.6	2.8
2.3	Cap	2.3
1.6	Cap	1.6

注記：

これらの数値は、水の使用量に比例していて、実際の性能値に極めて近くなります。ノズルは１個使う方が、２個に分けるよりも性能がよくなります。

これらのノズルの組合せのオプションの例を次に示します。

18.1mm×２個

18.1mm

＋次の何れか１つ

15.6mm
12.8mm
11.1mm
9.0mm
7.8mm
6.4mm
4.5mm
3.2mm
2.3mm
1.6mm
１箇所をキャップで閉じる

添付資料-F　ケーブル・サイズの選定

12V バッテリーへの充電

配線長（m）	電流値（A）					
	2.5	5	7.5	10	15	20
5	1.8	1.8	1.8	1.8	2.9	2.9
10	1.8	1.8	2.9	2.9	4.6	7.9
15	1.8	2.9	4.6	4.6	7.9	13
20	1.8	2.9	4.6	7.9	14	14
25	1.8	4.6	7.9	7.9	14	21
30	2.9	4.6	7.9	14	14	21
40	2.9	7.9	14	14	21	32
50	4.6	7.9	14	21	21	32
60	4.6	14	14	21	32	49

24V バッテリーへの充電

配線長（m）	電流値（A）					
	1	2	4	6	8	10
10	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
20	1.8	1.8	1.8	1.8	2.9	2.9
30	1.8	1.8	1.8	2.9	4.6	4.6
40	1.8	1.8	2.9	4.6	4.6	7.9
50	1.8	1.8	2.9	4.6	7.9	7.9
60	1.8	1.8	4.6	7.9	7.9	14
70	1.8	2.9	4.6	7.9	7.9	14
80	1.8	2.9	4.6	7.9	14	14
100	1.8					

注記：

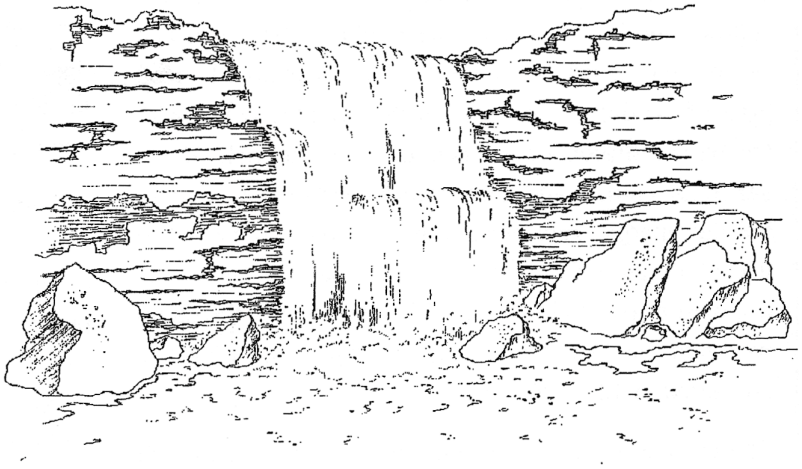
＊ 表はケーブルのサイズを mm^2 で示す。

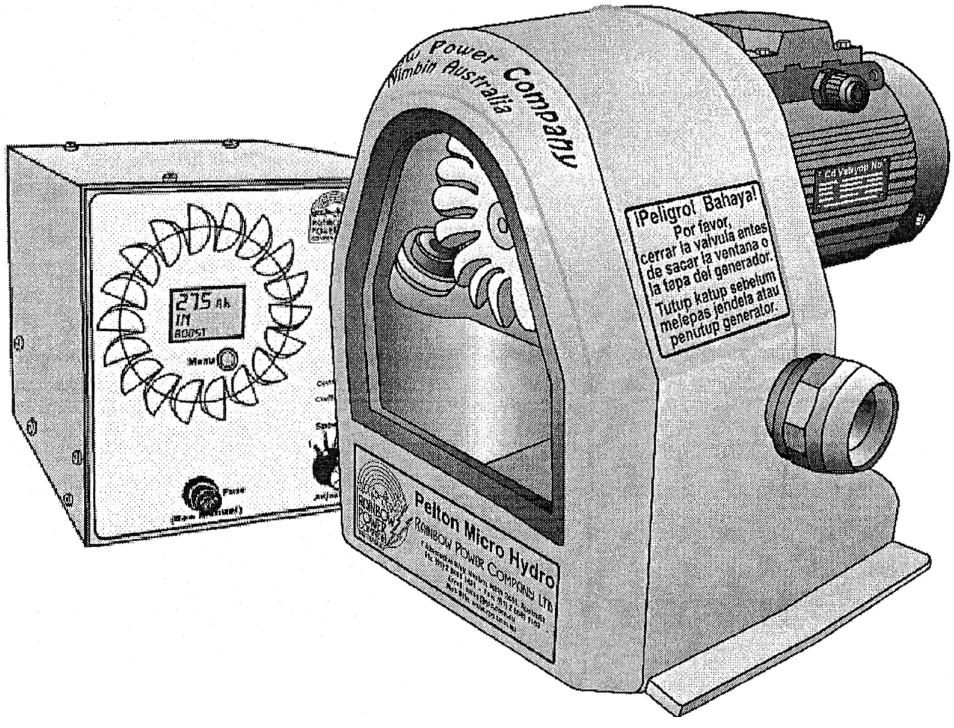
＊ 表の数値は、コントロールボックス後のDC回路での送電ロス（＝電圧低下）を最大10％以下に抑えるための、概算のケーブルサイズを示す。
　性能改善には、太めのケーブルを使う。

＊ 送電ロスを5％減らすには、ケーブルのサイズを2倍にする必要がある。

＊ 水力発電機からコントロールボックスまでのAC送電には、1.5mm^2の3芯ケーブルを使うこと。

＊ コントロールボックスは、バッテリーの近くに置かれることが多い。





添付資料-G　電子技術者のための追加情報

コンセプト

コントロール・ボックスには、4つの重要な電子技術の機能が組込まれています。

1．発電機の励磁とスピード・コントロール

誘導発電機には、励磁電流を送り過流リアクタンスを回避するためのコンデンサーが必要です。コンデンサーの容量が、運転のスピード、電流、電圧に影響を及ぼします。当社の回路では、スピード・ノブを調節してコンデンサーを４段階に増・減きせ、発電機の回転スピードをベルトン水車にとって最良のスピードに合わせます。

2．ロード・ダンプ

ロード・ダンプには、240Vの3芯の導線ケーブルが付属しています。１本は緑色と黄色、1本は茶色、そしてもう1本は青色です。緑色と黄色のワイヤーは安全用で、ロード・ダンプの露出した金属部分に接続しなければなりません。接続しないままで運転すると、発電機の電圧と温度が極端に上る危険があります。ロード・ダンプは発電された電力が12Vあるいは24Vに換えられる前の高圧回路で働くので、12Vあるいは24Vの回路に接続されている他の電源（例えば太陽光パネル）からの余剰のエネルギーを水力のロード・ダンプで処分することはできません。

青色及び茶色のワイヤーの電圧はDC370Vに相当する電圧で、正しい据付けと取扱いが必要ときれます。ダンプ回路をポンプのように240Vで動くやや低い優先順位の負荷に繋げればいいのにと思われるでしょう。しかしそれは通常は無理なのです。なぜなら、ダンプする電力はDCであり、電圧がふらつくからです。

発電機の電圧が370Vのピークに達したら、それ以上にならないようにロード・ダンプ回路が働いて、電流を電熱エレメントへ流します。もしバッテリーが接続を切られたなら、全負荷が流れを変えられ、赤ランプが点灯します。

過電圧をコントロールするために、トランジスターがアルミニウム製の放熱器にサンドイッチされた抵抗器（750Wの侵入ヒーター）に電流を流します。こうして電熱エレメントから確実に熱を逃がし、最高温度を安全なレベルに減温します.

もし出力電圧がレギュレーターに予めセットされたレベルに達したなら、12V回路サイドからも太陽光連結器（opto-coupler）を通じてロード・ダンプ機能が励起されます。抵抗器に送られる電圧はDCで、捨てられる電力の量によって0から370Vまで変動します。その動作は遅滞なく機能し、送られる電力は、20kHzで○×式でカットされ、選択されます。

多くのユーザーは、このエネルギー・ダンプ抵抗器への電力の「浪費」に感情を害されます。温水加熱器としてその電力が使える可能性はありますが、１kWを越える電熱エレメントはコントロール・トランジスターに損傷を与えるかもしれません。それに、もし温水加熱器の水が無くなれば、電熱エレメントは焼き切れてしまうでしょう。更に、ベルトン水車の電子回路を破損したり、バッテリーの過剰充電を招く畏れがあります。

余剰電力の好ましい利用法として、バッテリーがフル充電に達したら低い優先順位の負荷が稼働するように、バッテリーのサイドで負荷に優先順位を付ける方法があります。ポンプ、温水加熱器、天井ファン、冷蔵庫などは全て順位付けできます。負荷が多数あることに一つ問題があります。それは制御システムが十分に高度でないと、負荷が頻繁にオン・オフ（0又は100％）を繰り返すことです。水源に十分な貯水容量があるなら、バッテリーが所定の充電レベルに達したら、ソレノイド・バルブでベルトン水車への水を止めるシステムは一考に値するかもしれません。ここでもやはり、十分な時間差システムが組み入れられていないと頻繁にオン・オフを繰り返す心配があります。

3．整流器とコントロール・ボックス

発電機からの電力は３相のACですが、そのままでは殆ど使い途がありません。コントロール・パネルの設定によって、電圧は100Vから300Vまで、周波数は15ヘルツから100ヘルツまで変動します。発電機がたまたま50ヘルツ、240Vで動いていたとしても、連続して動くためのサージ容量は殆どなく、極めて使いやすい負荷でさえ駆動できないでしょう。即ち、発電機はすぐに非励磁になってしまいます。

当社では、周波数の問題を避けるために、発電機の出力を最初に高圧のDCに整流し、次に20kHzで働くフェライト変圧器で12V又は24Vに変換します。この方法なら、発電機の効率までも悪化させてしまう変圧器の三悪、低効率、高価格、低周波数、から免れることができます。発電機の電流がブリッジ及びコンバーターに流れて行っても、100Vに達するまでは殆ど負荷がないので、励磁するための「過剰スピード」など殆ど必要ありません。

発電機が励磁するのに十分なスピードが得られて初めて発電が始まるので、この一般的に30％の過剰スピード・マージンが、最小運転落差に制約をもたらしているのです。落差が７メートル以下の場合、あるいは発電機が分解メンテナンスされた後には、残った磁力を再起させるために、停止中に巻き線に小さなパルス電流を流してやる必要があるかもしれません。トーチ・バッテリーで十分です！発電機のワイヤーの内どれか２本を、トーチ・バッテリーの接点に１秒間だけ接触させて下さい。これはフラッシングと呼ばれ、他の種類の自己励磁式発電機でも行われています。

機械に長距離送電線が使われていて接続部が屋外にある場合、この問題はより一般的になりえます。発電機に残った磁力ではたった１Ｖしか発電できず、接続部を通り越すのが無理かもしれません。コントロール・ボックス後部の４ピン・プラグを取り外し、12Vのバッテリーを使ってどれか２本のピンに触れると、小さな火花が連続し、接触不良を一挿してくれます。これでプラグを元通りに差し込めば、発電機の準備完了です。

コントロール･ボックスは電圧調節機能を備えていて、発電機が最も効率的な電圧で稼働するよう、トリム・ノブでコントロールできます。電圧が低くすぎると、顕著な銅損失（ローターがアルミでも同じ）があり、逆に高すぎると、不必要にひどい電圧のふらつきと鉄ロスが起こります。最適条件に近付けるには、変圧器の巻き線の３つのタップをトリム・ノブで選択する方法しかありません。

フューズによる保護

フューズの機能は、バッテリーの逆接続あるいは過電流からコントロール・ボックスのダイオードを獲ることです。コントロール・ボックスのダイオードが機能しなくても、電流を逆流させて、バッテリーへのワイヤーも獲られます。ダイオードは、非常に高いバッテリー・ラインの電圧（12Vシステムで32V以上）を受けたり、もっと高い可能性としては落雷の高電圧によって破損することがあります。

スピード・ノブ

このノブは、3、2、1の各ポジションに接続する励磁コンデンサーを働かせます。発電機のスピードを、ステップ毎に30％ずつ減速する働きをします。実際のスピードは出力レベル、少なくともトリム・ノブの設定に依存しています。しかし、最適な運転ポイントを見付ける目的での相互作用は重要ではありません。

コンデンサーが追加されて異なった段階へ移行し、調和が取られて行きますが、誘導発電機の性能にとって調和はあまり重要ではなく、出力に見られるやや高いさざ波もまだ極めて低いレベルで、顕著な問題にはなりません。高圧コンデンサーの切り替えは、スイッチの接点が溶着しやすいので非常に難しいでしょう。「メイク」電流を、耐えられるレベルに抑えるために、電流パスにコイルが取り付けてあります。そうなっていても、機械の稼働中にこの制御を極端に作動させることはお勧めできません。

電気部品

コントロール・ボックスにはユーザーがメンテナンスできる部品はありません。危険な電圧が流れているのです。重量は僅か3.5kgしかなく、損傷したり故障した場合には、メーカー或は資格のある修理技術者に送れるように意図されています。しかしながら、もしユーザーに有能な電子技術者がいて修理を試みたいならば、作業を単純化するために部品を供給致します。

予備品

当社では、可能な限り容易に入手できる市販の標準品を使っています。コイル、チョーク、変圧器などの部品は全て市販品で、当社はシステムの故障停止時間をできるだけ短くすることが非常に重要であると思っています。長い停止期間を費やすようなら、高性能な機械にしようと多くの設計努力を注いでも意味がありません。

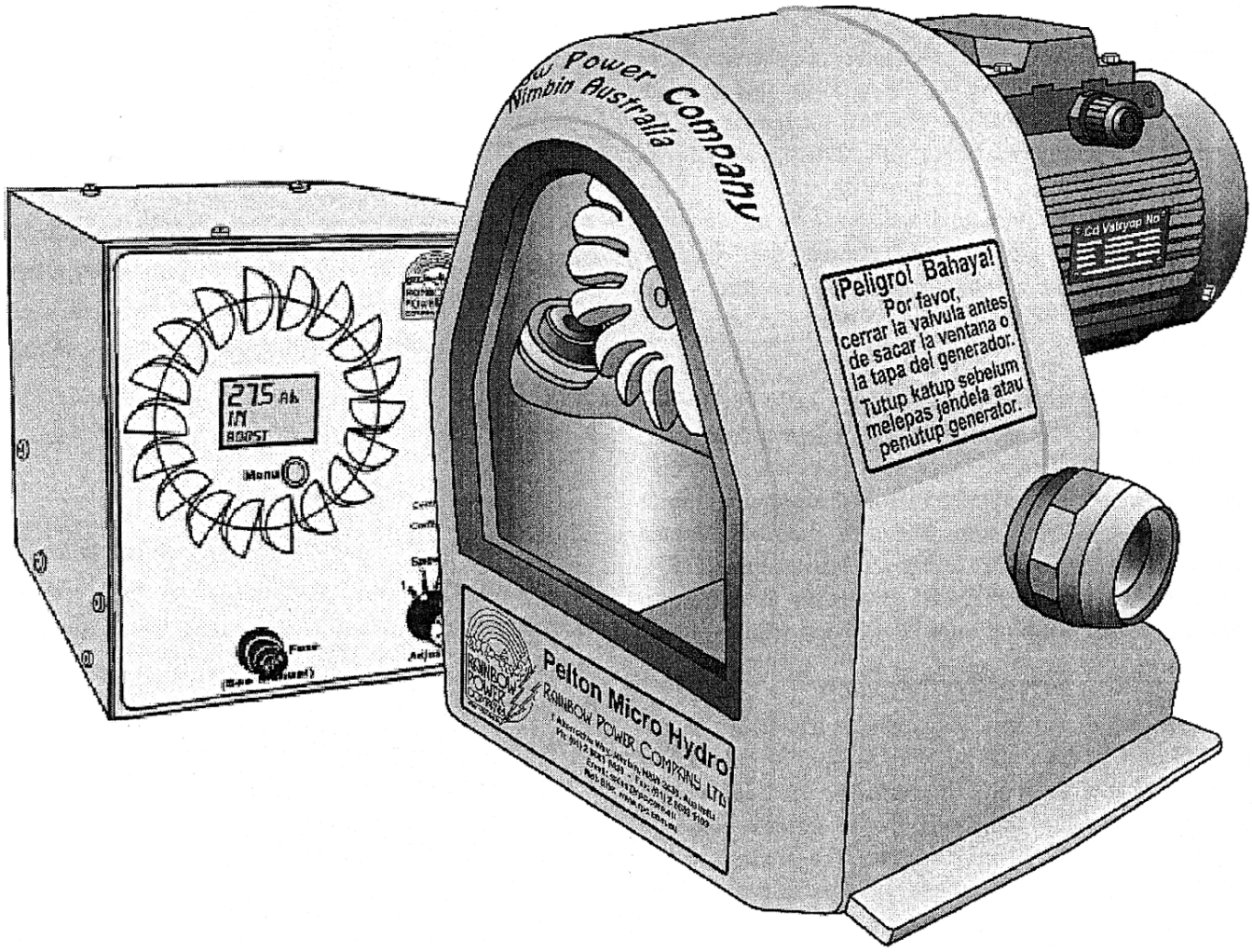
電波障害

当社では、これを減らすのに、援衝器、スロー・ドライブ、フィルター、バイパス・コンデンサーなどを使って、大変な苦労をしてきましたが、まだ少し障害が出ます

コントロール・ボックスのシャシーをアースすることで、この問題がかなり減少するでしょう。バッテリーのマイナス極をアースするのも、同様に助けになるかもしれません。特に、システムに長い送電線がある場合、１地点に全てをアースする方法が大いに役立ちます。

安全性

発電機からの電流に触れると、感電死の危険があります。水力発電設備は一般に湿気の多い環境にあり、感電しやすくなっています。安全性の見地から、高電圧は、バッテリー・チャージヤーと同様にDC出力から完全に絶縁します。同じく、電子部品のケースやモーターのケースからも絶縁します。アースの方法はユーザーに任されていて、設置場所によるでしょう。どんな距離でもAC送電の場合には、高圧回路の絶縁は不可能で、複数接地中立システムを採用するべきです。バッテリー・バンクのマイナス極も同じく接地するべきです。前述の通り、この作業は資格を持った電気技術者によって行なわれなくてはなりません。



添付資料-H　環境への影響

代替エネルギー源の多くは、その耐用期間中に回収するエネルギーよりも、設備を製造するのに要するエネルギーの方が多いという説が、時流に乗った噂になっています。これは代替エネルギー源を、発電システムと言うよりむしろ使い捨てバッテリーのように看做した考えです。初期の太陽電池では当を得ていたかもしれませんが、その頃からは長い年月が流れています。当社のベルトン水車は、十分に批判に耐えられます。10年使えば、火力発電で石炭15トンを燃焼するのに相当する電気を生み出すでしょう。それすら、控えめ過ぎます。なぜなら実際は、比較対象の電力会社のエネルギーコストには、送電線網やその製造、建設、保安対策など多くが含まれるべきですから。送電線網のインフラの一般的なコストレベルを100とすると、マイクロ水力の設置における配管と送電線のコストは10以下です。勿論、コスト計算は簡単ではありません。都市ガスを使えば、マイクロ水力発電より多くの家電製品が使えますが、ガスストープなどは環境への影響という余計な問題を伴います。総体的に、軍配は楽々ベルトン水車に上ります。過疎地では、環境問題はしばしば決定的な議論になります。送電線の下は森林が伐採され、四輪駆動車が土壌を侵食し、鉄塔やケーブルが景観を損ない、多くの人々が高圧線にストレスを感じます。地中配線は起伏の多い地方では、通常は高価過ぎて非実用的です。

水車に使われる水は「無駄遣い」で、水が配管に奪われてしまうと、よく心配されます。小川の流れはバイパスされ、確かにその部分では減少しますが、影響は少ないのです。乾燥季には配管への通水は停止します。毎秒1／10リットルでは水車を回す意味がありませn。顕著に異なる時期は、小川の水位が低い時だけです。高水位季や乾燥季には動物はいませんし、植物は地下水に依存していて影響されません。水は絶えず川の下流へ返されるので、水力発電で水の絶対量は減少しません。

水力発電システムからの排水は、適切に制御される必要があります。さもないと、土壌侵食や地滑り、或いは樹木が枯れる結果を招きかねません。パイプや古い鉄板などを使えば、容易にこの問題の解決できます。当社の水力発電機には各種の材料が使われていますが、主要部分となる水車本体のケーシングはリサイクル可能な低密度ポリエチレン製、発電機本体のカバーはアルミニウム鋳物です。それらの耐用年数は無限に長いしリサイクルが可能で、長期的には環境への影響は僅かです。機械の寿命は、通常は輸送中や洪水時の損傷に依
存します。もし設置場所が洪水時に水没する可能性があるなら、必ず、動かない物に結び付けて下さい。タービンにとって最大のリスクは、水に流されてしまうことです。